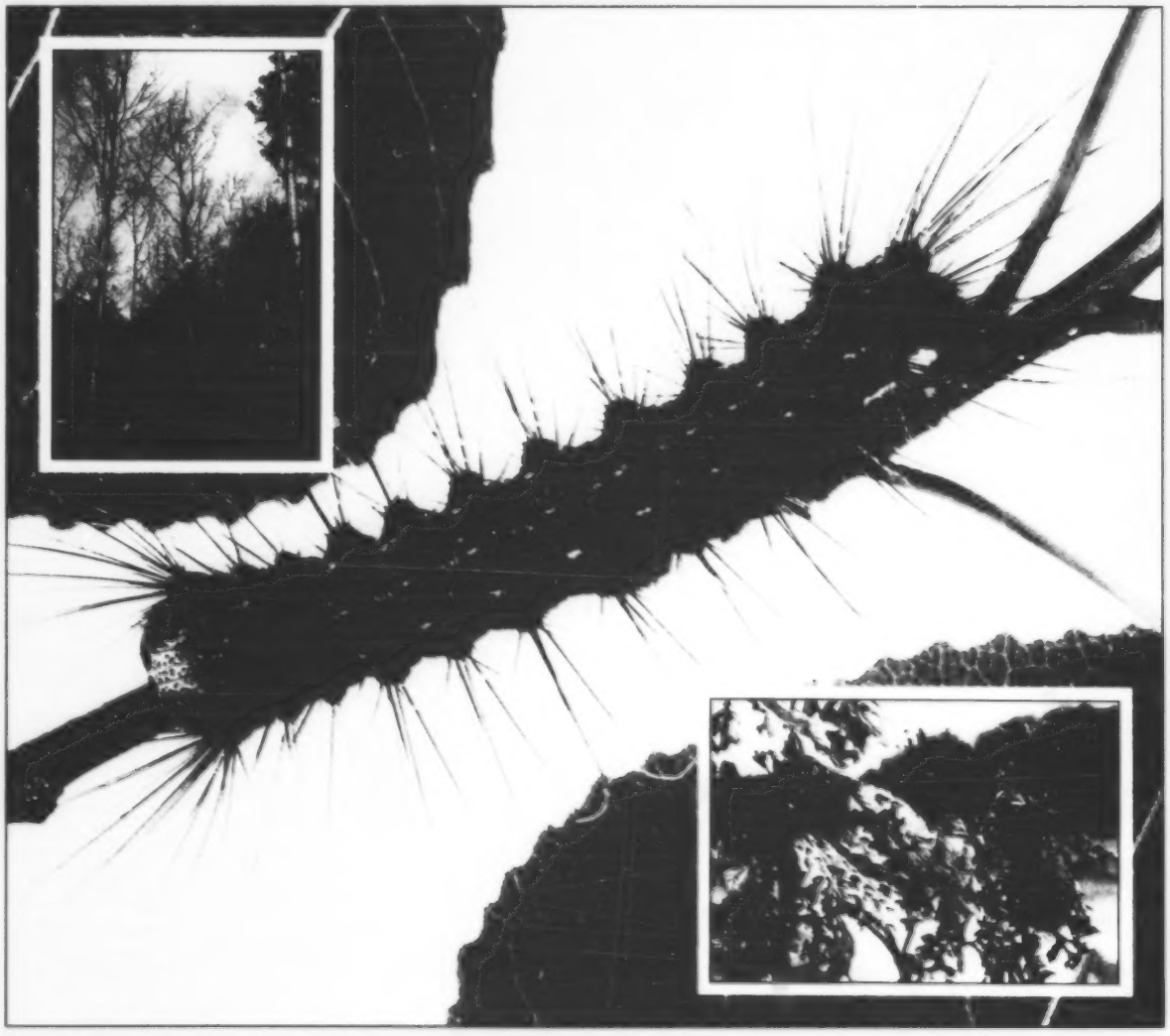
Gypsy moth in Canada: Behavior and control

Paul Benoit and Denis Lachance

Quebec Region • Information Report DPC-X-32



Forestry Canada Forêts Canada

Canada

91-00181/

Forestry Canada

Forestry Canada is the main focus for forestry matters in the federal government. It provides national leadership through the development, coordination, and implementation of federal policies and programs to increase long-term economic, social, and environmental benefits from the forest sector for Canadians.

Forestry Canada is a decentralized organization with six regions, two national research institutes, and seven regional sub-offices located across Canada. Headquarters is located in the National Capital Region in Hull, Quebec.

In support of its mandate, Forestry Canada carries out the following activities:

- administers forest development agreements negotiated with the provinces
- undertakes and supports research, development, and technology transfer in forest management and utilization
- compiles, analyzes, and disseminates information about national and international forest resources and related matters
- monitors disease and insect pests in Canada's forests
- provides information, analyses, and policy advice on economics, industry, markets, and trade related to the forest sector
- promotes employment, education, and training opportunities in the forest sector
- promotes public awareness of all aspects of the forest sector.

Forestry Canada interacts regularly with provincial and territorial governments, industry, labor, universities, conservationists, and the public through such bodies as the Canadian Council of Forest Ministers, the Forest Sector Advisory Council, the Forestry Research Advisory Council of Canada, the Canadian Forest Inventory Committee, the Canadian Committee on Forest Fire Management, the Canadian Interagency Forest Fire Centre, and regional consultative committees. Forestry Canada is also active in international forestry agencies such as the International Union of Forestry Research Organizations and the Food and Agriculture Organization, as well as in technical and trade missions.

Gypsy moth in Canada: Behavior and control

Paul Benoit and Denis Lachance

Forestry Canada
Quebec Region
Sainte-Foy, Quebec

Information Report DPC-X-32
Forestry Canada
Ottawa, 1990

©Minister of Supply and Services Canada 1990
Catalogue No. Fo46-13/32-1990
ISBN 0-662-57473-7
ISSN 0705-324X

Copies of this publication may be obtained free of charge from:

Forestry Canada
Corporate and Public Affairs
Ottawa, Ontario
K1A 1G5

A microfiche edition of this publication may be purchased from:

Micromedia Ltd.
165 Hôtel-de-Ville St.
Hull, Quebec
J8X 3X2

Recommendations for insecticide use in this publication are intended as guidelines only. Any application of an insecticide must be in accordance with directions printed on the product label of that insecticide as prescribed under the *Pest Control Products Act*. Always read the label. An insecticide should also be recommended by provincial authorities. Consult them for specific advice.

For more information on insecticides, please contact Agriculture Canada's National Pesticide Information Service at 1-800-267-6315.

The exclusion of certain manufactured products does not necessarily imply disapproval nor does the mention of other products necessarily imply endorsement by Forestry Canada.

Think Recycling!

Pensez à recycler !

Text printed on paper containing recovered waste.

Cover: (*Top left*) red oak stand defoliated by gypsy moth. (P. Therrien)
(*Center*) mature caterpillar of a gypsy moth. (T. Arcand)
(*Bottom right*) moderate defoliation of a red oak by gypsy moth. (L. Jobin)

Contents

Abstract 5

Introduction 5

History and Distribution 5

Host Plants 6

Description 7
- Egg 7
- Caterpillar 7
- Pupa 8
- Moth 9

Life Cycle 10
- Laying and Hatching 10
- Period of Caterpillar Development 10
- Caterpillar to Moth 11
- Emergence of the Adult Moth, Mating, and Egg Laying 11

Environmental Influences — Nonliving 12
- Temperature 12
- Light 12
- Moisture 12
- Wind 12

Environmental Influences — Living 12
- Food 12
- Population Density 13
- Predators 13
- Parasites 13
- Pathogens 14

Susceptibility of the Forest 15

Effects of Defoliation 15
- Negative Effects 15
- A Positive Effect 17

Control 17
- Physical Methods 19
- Silviculture Methods 19
- Insecticides 20

Conclusion 21

Bibliography 21

Abstract

How, where, and when the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Linnaeus), was introduced into Canada and its actual distribution are described. The insect, its life cycle, and the environmental factors that influence its behavior are described and illustrated in detail. The report is concluded with a chapter on insect control.

Introduction

The gypsy moth is often considered to be the worst defoliation threat to deciduous trees in the northeastern United States. In Canada, its effects are limited but the insect's potential for destruction is significant and it is known for cyclic population explosions followed by sudden collapses. A single instance of complete defoliation can kill coniferous species, and three consecutive total defoliations can be fatal to deciduous trees. Gypsy moth larvae (caterpillars) are a nuisance in urban and recreational centers where, in addition to disrupting human activities, they affect tree health and hinder its fiber growth.

History and Distribution

The two sexes of *Lymantria dispar* (Linnaeus) differ markedly in appearance: female moths are a much lighter color and have larger bodies than males. The insect is widespread in Europe and northern Asia, where it is represented by numerous geographic subspecies (especially in Asia). The gypsy moth was introduced to North America from France in 1868 or 1869 by artist, naturalist, mathematician, and astronomer Léopold Trouvelot, who was raising silkworms and crossbreeding them with other insects to obtain hardy varieties. He was conducting his work in the Glenwood district of Medford, north of Boston, Massachusetts, when a cage containing gypsy moth caterpillars was blown over by the wind. Trouvelot searched unsuccessfully for the escaped insects and notified the authorities of the accident. However, there was little reaction and the incident was soon forgotten, until 1889 when the gypsy moth population underwent an unprecedented explosion. In spite of numerous control efforts, the insect invaded all the New England states. On several occasions, it has been accidentally carried to distant states such as Michigan, Florida, and California. Efforts to kill it after introduction have been partially successful in all of these states except Michigan where it is spreading rapidly (Fig. 1).

The first record of a gypsy moth introduction into Canada was at the port of Vancouver in 1911, when inspectors from the Plant Quarantine Division of Agriculture Canada found and destroyed eight egg masses on a small cedar from Japan. In the East, the insect was first discovered near Henrysburg and Stanstead, Quebec, in 1924, adjacent to the already infested Lake Champlain valley in New York State. At Henrysburg, all the egg masses found were creosoted, everything that would burn and could harbor eggs was burned, and stone fences were cleaned. The efforts were so successful that the last traces of the insect had vanished by 1926. The single egg mass found at Stanstead turned out to be sterile. The gypsy moth was found again in Canada in 1936 around St. Stephen, New Brunswick. This time, it took 4 years of intensive effort to eradicate the invading population. Later, despite monitoring programs in the forested areas of Quebec adjacent to the northern United States, and in spite of annual control attempts covering at times 800 ha from 1959 to 1965, the gypsy moth spread into southern Quebec. As early as 1966, 9700 ha were infested near Huntingdon and Châteauguay. The following year, the triangle formed by St-Chrysostome, Rockburn, and Hemmingford — more than 14 000 ha — was largely infested. In addition, there were local infestations over 800 ha near Ormstown and in the area bordering the northern shores of Lake Champlain.

In 1969, the gypsy moth appeared in Ontario, on Wolfe Island near Kingston. Since then, it has spread to some neighboring islands and to the north of Kingston, and has been observed in Ottawa and in the Cornwall area as far east as the Quebec border (Fig. 2). The insect was identified in Toronto in 1980 and spread rapidly around Lake Ontario up to Niagara Falls. During the next few years, the infestation increased in size until 1985 when defoliation occurred over some 246 000 ha in the eastern region and the adjacent part of the central region of Ontario. Infestations decreased dramatically in 1986 and 1987, to about 12 000 ha at moderate to severe defoliation.

In 1978, it was accidentally reintroduced to British Columbia (in the Kitsilano section of Vancouver) when a former resident of Île-Cadieux, a small island municipality west of Montreal, Quebec, inadvertently brought with him about 40 egg masses stuck to outdoor recreational equipment. The gypsy moth's presence was revealed by the moths captured in pheromone traps. Extensive control measures were undertaken in 1979. The insect did not reoccur in the area, but introductions were subsequently noted

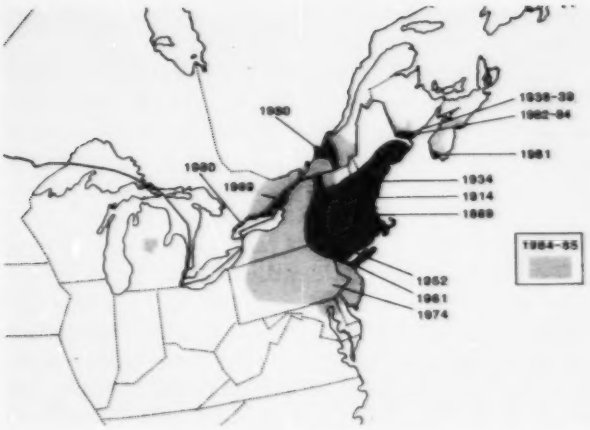


Figure 1. Dispersal of gypsy moth in northeastern North America since its introduction in 1869. (M. Bolduc and C. Moffet)

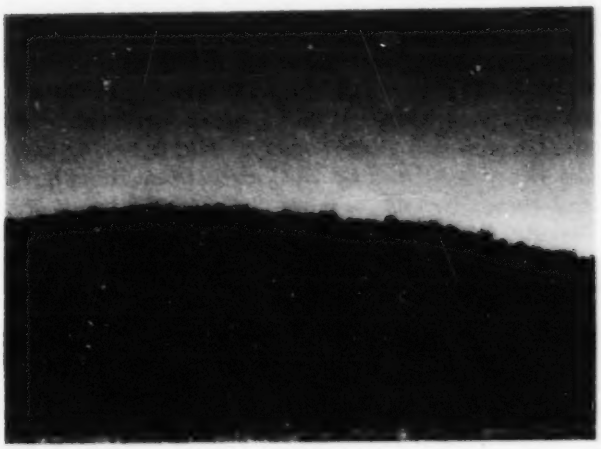


Figure 2. Oak and maple stand with oak trees defoliated by gypsy moth at La Trappe, Quebec. (L. Jobin)

elsewhere. Eradication operations were again carried out.

In New Brunswick, a new infestation was discovered in 1981 at Mohannes, Charlotte County, in an oak stand along the St. Croix River, and another caterpillar was found in the Oak Hill cemetery, 20 km away. A few egg masses were found elsewhere each year in this same county, but no defoliation was noted. In 1987, defoliation occurred over 5 ha near Moose Mills, and eradication operations were carried out. This situation correlates well with that existing in adjacent Maine, USA.

Finally, in western Nova Scotia, egg masses and cocoon remains were found in 1981 and since then, the gypsy moth has been found in isolated locations throughout the western half of the province mainly from Halifax to Kemptville.

The most recent surveys in Quebec indicate that the gypsy moth is common throughout the southern region between the American border and the St. Lawrence River. The insect is gradually advancing toward the East and has reached the Quebec City area where egg masses have been found since 1982. They are destroyed as soon as found.

In the United States, where the battle to control the gypsy moth has continued for more than 100 years, major infestations last 3–4 years in one locality, and the insect then lies dormant for 7 or 8 years. The infestations in Quebec seem to follow the same pattern. At present, the gypsy moth is not overrunning large expanses of forest like the spruce budworm or the forest tent caterpillar. The infestations are local and usually brief, occurring as a series of separate buildups and declines throughout the distribution area.

Host Plants

Of all insects with varied diets, the gypsy moth undoubtedly can adapt to the largest number of plants. This is especially true of older caterpillars, which can feed on grasses, swamp plants, shrubs, bushes, and hardwood and conifer trees. From laboratory tests and field studies, researchers have listed nearly 500 potential host species. In Quebec, to date, observers have noted more than 30 tree and shrub species that provide food for the gypsy moth.

During a major buildup nearly all plants are vulnerable to attack, although in low populations the caterpillars, especially young ones, stay on the species most favorable to their development.

From our own data and lists of known hosts in Europe and the United States, we can identify the species most susceptible to defoliation by the gypsy moth in Eastern Canada and particularly in Quebec. (We thank Dr. M.J. Lechowicz, Department of Biology, McGill University, for the final revision of the host plant list.)

Hosts favored by all larval stages: alder, apple, basswood, beaked hazel, birch (except yellow and cherry birches), hawthorn, larch, oak, poplar (except silver poplar and eastern cottonwood), rose, serviceberry, and willow.

Hosts favored only by older larvae: balsam fir, beech, hemlock, pine, and spruce.

Hosts least favored by older larvae: cherry, cherry birch, elm, eastern cottonwood, hickory, horn-

beam (blue-beech), maple (except mountain, red, and striped maples), pear, silver poplar, staghorn sumac, and yellow birch.

The susceptibility of hosts also depends on the availability of other food sources in the area where they are growing. Thus, in an area where gypsy moths are very active, a single ornamental sugar maple would be very susceptible to defoliation but the same tree species scattered through a red oak stand could remain unharmed.

The following plants are left undamaged by the gypsy moth unless the larvae are starving: ash, dogwood, eastern white cedar, honey-locust, huckleberry, juniper, black locust, mountain maple, mulberry, nannyberry, raspberry, red cedar, red current, red maple, sassafras, striped maple, sycamore, tuliptree, and walnut.

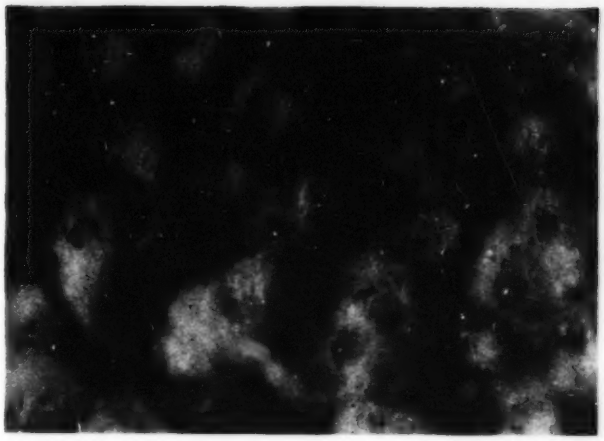


Figure 3. Individual eggs seen without their protective cover of hairs. (T. Arcand)

Description

Egg

Eggs are laid in oval or often elongated pear-shaped clusters containing less than 100 to nearly 1000 eggs; the largest recorded number is 1400 but the average is 400–600. During a light infestation the average is higher than during a major infestation or at the end of an epidemic.

Egg masses are 15–40 mm long, 10–25 mm wide, and about 5 mm thick. During laying, the female covers the eggs with beige or buff-colored abdominal hairs giving the egg mass the appearance of a small sponge, hence the French name "spongieuse."

The individual eggs within the clusters are roughly spherical, slightly flattened on the bottom, and generally flattened or indented on top. They are about 1.5 mm in diameter. They are pale yellow to salmon pink when freshly laid and turn brown or dark brown as the embryos develop, a process that takes about 3 weeks. The surface of the egg appears smooth to the naked eye, but is marked with small irregular hexagons except at the indentation on the top, which contains a micropyle (small opening) surrounded by a rosette.

When spring conditions become favorable for hatching, 2–4 warm days are needed for all the viable larvae in a cluster to emerge. In a particular locality, the hatching period can last from 10 to 30 days or even longer (Figs 3–5).

Figure 4. Female moths laying egg masses on beech. (L. Jobin)

Caterpillar

Larvae, or caterpillars, go through several instars (stages of development). Larvae that will become male moths go through five instars; females, six. Larvae molt between one instar and the next, that is, they cast off one exoskeleton (outer skin) for a larger one.

Instar I — When the larva emerges from the egg, it is 4.6 mm long. Its head is shiny black and dotted with yellowish hairs. In several hours, the predominant body color changes from brownish yellow to dark brown. The body has numerous dorsal, subdorsal, and lateral tubercles (spots). The dorsal and subdorsal tubercles produce long, thin, silky hairs, or shorter

Figure 5. Gypsy moth egg masses laid under a tar-paper trap. (L. Jobin)

hairs that thicken at the basal end, or both types together. The lateral tubercles put out thread-like hairs that are sometimes longer than the insect's body and are bearded with tiny barbs. Near the end of the first instar, the larva becomes reddish brown and the tubercles turn black.

Instars II to IV — The insect can reach 20 mm long before the fourth molt. The head changes from shiny black to marbled brownish white. The body turns dark brown finely marbled with yellow, and gray and orange splotches appear on its upper surface.

Instars V and VI — Length varies from 23 to 60 mm at maturity. The predominant color of the head is creamy to yellowish white. The top and sides are splotched with brown or black and a stripe of the same color runs along the outer edges of the clypeus (upper lip). The proportion of white to black varies greatly

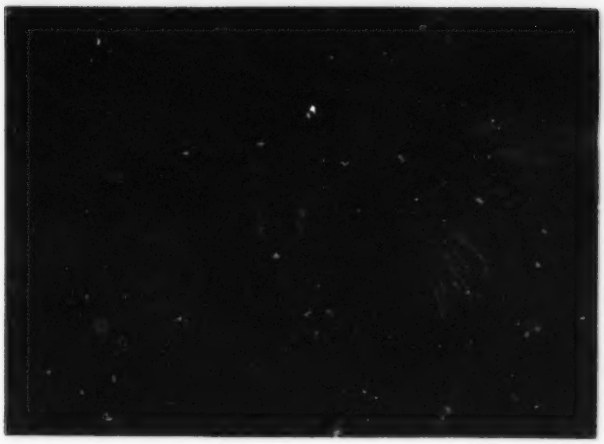


Figure 6. Head of a mature caterpillar showing tufts of hairs characteristic of the gypsy moth. (T. Arcand)

from larva to larva, but the head is always dotted with numerous yellow hairs. The dorsum (back) is creamy white and marked with small irregular black spots which make it appear dark gray, but with a paler central stripe. The most notable features during these later instars are the subdorsal tubercles, which are blue on the second to sixth segments and red on the seventh to twelfth segments. Moreover, the long tufts of hairs protruding from the lateral tubercles near the caterpillar's head, which are very prominent when the insect is viewed head-on, are rarely seen in other species of caterpillars (Fig. 6).

Pupa

The pupa (*Pupa obtecta*) resembles a mummy. The wings and appendages are glued down against the body. The pupa is smooth and cylindrical, and the fourth, fifth, and sixth abdominal segments are free. Ranging from 15 to 20 mm long for the male and 15 to 35 mm long for the female, it is initially soft and pale but later becomes fairly hard and turns chocolate brown to dark brownish red. Tufts of short, ocher yellow hairs cover the eyes, head, feelers, neck, and thorax and are arranged in eight equidistant rows on the abdomen. A small tubercle on the undersurface of the last visible segment of the abdomen distinguishes the male from the female. At the tip of the abdomen is the cremaster, a small hook with which the pupa attaches itself to any close object. This stage lasts an average of 10 days for females and 13 days for males (Figs 7 and 8).

Figure 7. Pupae on a tree trunk. (R. Gagnon)

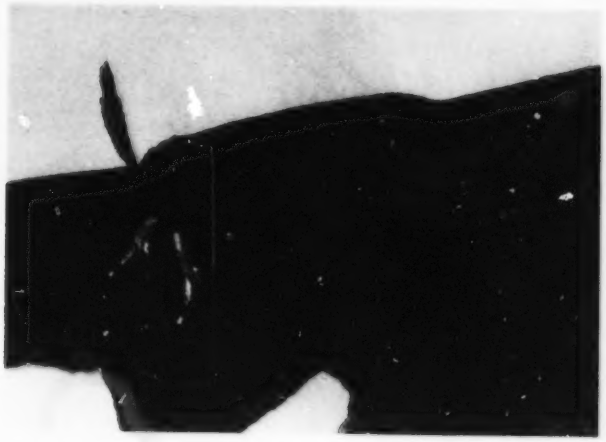


Figure 9. Male moth (approx. 2.5 cm life size). (T. Arcand)

Figure 8. Pupa showing the characteristic yellow hairs of the gypsy moth. (T. Arcand)

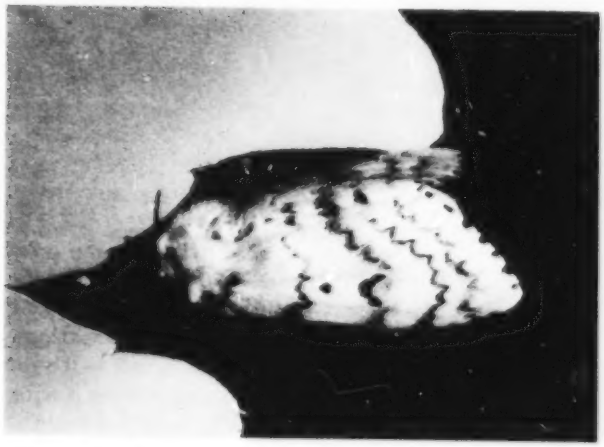


Figure 10. Female moth (approx. 3 cm life size). (T. Arcand)

Moth

Male moths have a wingspan of 37–50 mm. The predominant color is yellowish brown on the upper surfaces and slightly paler underneath. The body and legs are even paler than the undersides of the wings, while the head, thorax, and antennae are grayish brown. The forewings show several dark brown lines, marks, and splotches. The most distinguishing feature of the male gypsy moth is the conspicuous feathery antennae that separate it from many other species with a similar description.

The females have a wingspan of 37–62 mm. The body and wings (upper and lower surfaces) are white to yellowish white, except for the underside and the upper surface toward the end of the abdomen, which are pale yellow. The markings on the forewings vary from brown to black and are sometimes very faint. The antennae and legs are dark brown. The abdomen is much bigger than that of the male (Figs 9 and 10).

Life Cycle

The life cycle of the gypsy moth consists of four stages: egg, larva, pupa, and moth. Only one generation of moths is produced each year (univoltine).

Laying and Hatching

The eggs are laid between early July and late August according to the region. The embryo starts developing as soon as the eggs are laid but the larva stays in the egg until the following spring. Egg clusters are deposited nearly anywhere: on the trunks and branches of trees, on or under rocks, in hollow stumps, under debris on the ground, on building walls and fences, and on or under any equipment resting on the ground. Hatching begins the following May and can extend to June; eggs that receive the most sunlight hatch first.

Period of Caterpillar Development

Following emergence, the young larvae stay on the surface of the egg cluster for several hours to more than a day before setting out. They climb to the tops of trees or bushes and start feeding. If foliage is not yet developed or if the caterpillars feel overcrowded, they arch their bodies at a touch of wind and are blown away on a long silk thread. This is the most effective natural method of dispersal used by the gypsy moth. The insects may be carried by the wind to better feeding grounds, or to unsuitable locations. Young larvae can live for up to a week without feeding, but high mortality sometimes occurs during the dispersal period. Larval activity lasts 2–3 months and extends through May and June, and sometimes into July. The length of the first instar is 5–10 days, the next three or four instars take about a week each, and the fifth (males) and sixth (females) last between 10 and 15 days. The actual duration of each instar depends on the weather and the environment. In the first instar, the caterpillars move very slowly and are inactive at temperatures below 10° C. They do not reach their normal level of activity until the temperature rises above 20° C. Larvae in stages 1–3 stay on the leaves day and night. Once they reach the fourth instar, however, they move off the foliage to the crotches or underside of the branches or on the dark areas of the bark or they come down from the trees for shelter during the day and feed only during the evening and part of the night. If there are many larvae and there is strong competition for food, their behavior changes and older larvae also feed during the day. Several factors — including the quantity and quality of food, population density, and low temperatures — often cause additional molts, especially during the first two instars. Also, in any egg cluster, some larvae always go through additional molts regardless of environmental conditions.

During the larval stages, a gypsy moth devours an average of 1 m^2 of foliage, the male slightly less and the female slightly more. The last larval instar causes the most damage. During this period, usually in July, the caterpillar devours 60–70% of the foliage it will eat in its lifetime. This is why the damage caused by the insect appears so suddenly (Figs 11 and 12).

Figure 11. Newly hatched caterpillars. (P. Benoit)

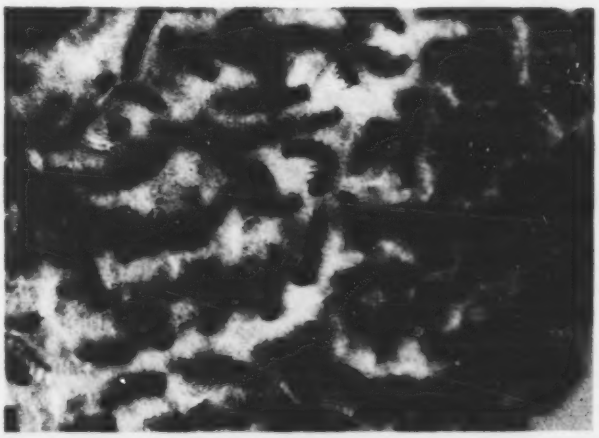


Figure 12. Enlargement of newly hatched caterpillars showing their numerous hairs. (T. Arcand)

Caterpillar to Moth

The pupal stage appears to be a time of rest because the insect is immobilized; however, during a 9- to 17-day period in July, the caterpillar completely changes its anatomy and morphology to become a moth, whose behavior and purpose are totally different.

When the caterpillar reaches full maturity, it finds a sheltered spot anywhere, stays inactive for about 24 hours, and then empties its alimentary canal. About 1 hour later, it starts to weave a loose cocoon of silk produced by a mouth gland, adding bits of leaves or other debris. After weaving its cocoon, a process of 5 or 6 hours, the larva rests suspended head down, occasionally jerking or twisting rapidly. Pupation (the change to a pupa) is complete about 3 hours later.

Emergence of the Adult Moth, Mating, and Egg Laying

After 9–17 days and depending on the resistance of the cocoon and the hardiness of the insect, the moth takes from 5 minutes to several hours to emerge. It then dries off fairly quickly, and its wings take from 20 minutes to 2 hours to unfold and stiffen. After emerging, the female crawls a short distance from the cocoon and begins to give off a pheromone, a specific scented gas that attracts male moths for mating. Secretion of the pheromone begins about 9 hours after emergence and continues for about 20 hours. Attractancy increases with the age of the virgin female, but is greatly reduced after mating has occurred. The male flies in a zigzag pattern toward the source of the pheromone. Once he locates the female, he communicates by dancing over and around her while rapidly beating his wings. The time spent mating can vary from 30 minutes to 3 hours, but the average is 1 hour and the first 5–7 minutes are the most critical for successful insemination. Male moths can successfully inseminate several females. A single female can sometimes be fertilized by more than one male. When two or more males approach the same female simultaneously, they compete for her by veering toward each other and touching wings. This appears to be an important mechanism for dispersing males to the more sparsely populated areas on the edges of the infestation.

The female with her eggs is very heavy and will fly only on rare occasions. Individuals that do fly are usually much smaller than average. The female begins laying by sticking a bit of hair from her abdomen to some bark, rock, fence, or another support and laying several eggs side by side on the hair. She then continues laying eggs in a cluster on top and in front of the first ones, usually creating a mass in the form of an elongated pear. As laying proceeds, the eggs are cemented together and covered with hairs from the female's abdomen, which are dislodged by continuous brushing movements. The female's abdomen shrinks progressively during the process. A single female generally lays only one cluster of eggs and does not usually manage to lay all the eggs she has produced. Laying takes 2–3 days but most of the eggs are laid within the first 24 hours. The embryos develop partially during the 3 weeks following laying and complete their development the next spring.

Figure 13. Numerous egg masses laid high on a white pine trunk. (P. Therrien)

The distribution of eggs laid close to the ground as opposed to high in the trees depends on the availability of debris, rocks, fences, and stumps. In urban parks or in forests where the ground is mostly bare, most of the eggs will be laid high in the trees (Fig. 13).

Environmental Influences — Nonliving

Temperature

Gypsy moth embryos must go into diapause (arrested development) under the cold temperatures of winter before they can hatch in the spring. The temperature sometimes drops too low, however, for the insects to survive. A temperature of -25° C can kill 20% of embryos if it lasts for 1 day and up to 95% if it lasts for 5 days. In Canada, embryos can withstand longer exposure to cold than embryos in Massachusetts, but the lethal temperature is the same for both. However, 5 cm of snow can protect 50% of embryos against a temperature of -38° C.

Warm weather too early in the spring can reduce the population by causing eggs to hatch prematurely before the leaves are on the trees. In early spring, warm weather is often followed by cold periods that kill a large percentage of the newly hatched caterpillars.

Light

Light plays a major role in caterpillar behavior. The larva hatches with an instinct to move toward the light, which is blocked when its front legs lose contact with a solid object, as happens when it reaches the end of a branch, so that it can turn around. Light also controls the larva's feeding pattern. At the fourth instar, larvae switch feeding from day to night. The caterpillars remain in their resting sites during daylight, but as the light decreases at dusk, they return to the foliage to feed particularly during the evening, with a smaller peak before dawn.

Moisture

During rainy periods, newly hatched caterpillars hide under leaves and are not dispersed by the wind. Individuals that are not yet attached to the foliage may be dislodged by raindrops. High relative humidity, when not accompanied by rain, shortens the prehatching and hatching periods and lengthens the lifespan of the adult moths.

Wind

Although human means of transportation are responsible for long-range dispersal, the wind is the major natural springtime dispersal agent and can carry newly hatched caterpillars for distances greater than 50 km. The silk thread from which the insect dangles from the trees, as well as its numerous long tapered hairs and shorter bulbous hairs, gives it a very high soaring coefficient. The soaring coefficient is a measure of a body's ability to be carried by an air current and is obtained by dividing the caterpillar's surface area in square centimetres by its mass in grams. The soaring coefficient of a newly hatched larva is 514.3, a figure that compares favorably with those for highly efficient airborne seeds such as dandelion and milkweed. The soaring coefficient drops sharply when the caterpillar reaches the second instar.

Wind-borne young caterpillars may be observed for nearly a month during a normal spring (20 days during a late spring). Maximum dispersal occurs between the 10th and 15th day after the start of hatching when warm weather (minimum 10° C) is accompanied by winds of at least 4 km/hour. Dispersal is optimum with temperatures between 20 and 30° C and winds of 8 km/hour or greater. There is probably no limit to the height to which the young insects can be carried: they have been captured at heights up to 600 m; tests at higher altitudes have not been conducted.

Although wind dispersal seems to encourage the establishment of secondary centers far from the main infestation, the danger is less serious than it appears because the farther the individuals travel the more they are isolated and the less they are able to establish new infestations; natural mortality rates are also higher. From the Lake Champlain area, the site of the original gypsy moth infestation in Quebec, the infested area expanded by only about 5 km/year in all directions north of the United States border. The infestation could spread faster, however, if larvae, cocoons, or especially egg masses on materials were transported beyond the main area by commercial or private vehicles.

Another dispersal factor is the migration of older caterpillars from their food-depleted area to new food sources in adjacent areas. They travel only short distances, but this type of dispersal is very common where the caterpillar population is high.

Environmental Influences — Living

Food

Generally, caterpillars that feed on their preferred hosts have a lower death rate and develop more rapidly than caterpillars that feed on less favored species. Among male and female populations, a relatively stable proportion of individuals go through additional molts. This proportion varies, particularly

during the first instar, depending on food quality and especially on food availability. For reasons still unknown, there is also a low percentage of caterpillars that develop through fewer instars than the norm.

Population Density

In very high populations, completion of the first instar takes longer, more individuals go through extra instars, the weight of pupae drops, and the female moths lay fewer eggs.

Predators

A wide variety of insects and other arthropods, birds, and small mammals eat substantial numbers of gypsy moth eggs, caterpillars, pupae, and adults. Chickadees and black carpenter ants are the two currently recognized predators of eggs in Eastern Canada. However, if insects behave here as in the northeastern United States, feeding on eggs by soldier beetles, dermestid beetles, trogositid beetles, green lacewings, true bugs, and mites should be fairly common.

Among the arthropod predators of larvae, the ground beetles and tiger beetles, the carabids — especially those of the genera *Calosoma*, *Carabus*, *Harpalus*, and *Agonum* — appear to be the most effective. The adults hunt during the day and the larvae hunt at night. Tiger beetles, stinkbugs, ants, the yellowjacket *Vespula consobrina* (Sauss.), the baldfaced hornet, the pigeon tremex, and some flies and spiders are other arthropods that are helpful in controlling low residual gypsy moth populations (Figs 14–16). Under such conditions, amphibians (toads and frogs) and reptiles (snakes and lizards) also contribute to controlling larvae and moths. Among mammals whose diets consist largely of insects, the raccoon and skunk are the most important gypsy moth predators and feed on its various forms. As both mammals are nocturnal, it is assumed that they eat pupae in forest litter and female moths resting at the foot of trees. The caterpillars, which feed mostly at night, are less accessible.

Among small mammals, chipmunks and squirrels provide some control, but shrews, moles, and mice are by far the most effective predators. Important species include the white-footed mouse, woodland jumping mouse, meadow jumping mouse, northern redback vole, short-tailed shrew, masked shrew, smoly shrew, and star-nosed mole.

Finally, birds are also important predators (especially in low residual gypsy moth populations).

Figure 14. A carabid beetle, *Calosoma calidum*. (J.-P. Laplante)

More than 40 predatory species have been listed in Canada. The best known are the blue jay, American robin, black-capped chickadee, gray catbird, northern oriole, scarlet tanager, rufous-sided towhee, and red-eyed vireo. In addition to the numerous bird species that feed on gypsy moths during the spring migrations, there are others that take advantage of the additional food source created when gypsy moth populations reach epidemic proportions. These include the redwinged blackbird, American crow, European starling, common grackle, brown-headed cowbird, black-billed cuckoo, and chipping sparrow. In spite of the enormous quantities of gypsy moths that predators consume during infestations, they have a much more beneficial effect in controlling low residual populations.

Parasites

There are more than 100 known insect parasites of the gypsy moth in the egg, larval, and pupal stages. In northeastern North America, the most active of these parasites include members of about 5 families of Diptera and 16 families of Hymenoptera. In the latter

Figure 15. Stinkbug (*Picromerus* sp.). (T. Arcand)

Figure 16. Stinkbug (*Picromerus* sp.) piercing a gypsy moth caterpillar and drawing its hemolymph (blood). (T. Arcand)

group, the most important parasites belong to the following families: Braconidae (especially *Apanteles* spp. and *Meteorus* spp.), Chalcididae (*Brachymeria* spp. and *Chalcis* spp.), Encyrtidae (*Ooencyrtus* spp.), Eupelmidae (*Anastatus* spp.), and Tachinidae (*Zenillia* sp., *Compsilura* sp.). Several of these insects were imported from Europe and Asia and released among gypsy moth populations. Several have become established and kill considerable quantities of gypsy moths each year.

Pathogens

The gypsy moth is affected by natural diseases of two types: infectious diseases (caused by bacteria, fungi, and viruses), which are transmitted by contact from one larva to another; and noninfectious diseases, which are not contagious and result from internal changes that occur in the insect's body under unfavorable climatic or feeding conditions, or are simply hereditary.

Diseases do not prevent the gypsy moth population from sometimes reaching epidemic proportions, but they are generally the major cause of the collapse of extremely high populations.

Infectious diseases — The most effective natural pathogen is *Borrelinavirus reprimens*, a nucleopolyhedrosis virus that affects larva and pupa. The virus dissolves in the intestine and releases rods that cross the gut wall and infect the blood cells. The virus spreads to the fatty tissues and finally to the outer

skin. Diseased caterpillars are generally found hanging from the foliage or bark by their abdominal appendages, forming an inverted U shape. The bodies of the dead larvae rupture easily, releasing abundant quantities of virus to infect other larvae on contact. In dense populations, up to 75% of larval mortality can often be attributed to this virus.

Several bacteria, *Streptococcus faecalis* and *Serratia marcescens*, and also *Serratia liquefaciens*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Bacillus cereus*, are common pathogens but, taken together, generally do not account for more than 15% of larval mortality. These bacteria are carried by the wind or in the droppings of birds and small mammals. They are sometimes consumed with the foliage by the larvae. Once eaten, they produce toxins and consume much of the insect's internal nutrients, causing fairly rapid mortality. These bacteria are poorly suited to artificial or specific control efforts, because they are rapidly killed by sunlight and are sometimes dangerous to man and other organisms.

On the other hand, one bacterium found naturally in the soil can be very effective in combating gypsy moth. This bacterium is *Bacillus thuringiensis*, often called *B.t.* At a certain stage in its life cycle *B.t.* produces spores and crystals that are both toxic to gypsy moth. The crystal, which is more toxic than the spore, dissolves inside the caterpillar, freeing units of protein. These units are broken down by enzymes in the gut into toxic polypeptides which paralyze the intestine; feeding stops, internal tissues break down, and the caterpillar dies. Commercial *B.t.* spray formulas have existed for more than 20 years, but have only recently become popular.

The gypsy moth is also vulnerable to several fungi, including *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces farinosus*, and *Aspergillus flavus*. These control agents are generally insignificant, because they are effective only under special conditions of humidity rarely found in nature.

Noninfectious diseases — Although few studies have been conducted in this area, noninfectious diseases appear to be related to climate, food, and heredity. For example, when the insect encounters unfavorable feeding conditions, physiological disorders often appear at the time of egg laying or in the newly hatched larvae of the next generation.

Susceptibility of the Forest

Several factors influence forest susceptibility. The most important is forest composition, but site quality (drainage, soil, and exposure) and degree of disturbance also play a major role. Open stands on dry sites are more favorable to gypsy moth than dense stands on sites of average to high humidity. In Quebec, stands with a high percentage of trembling aspen or grey birch are ideal sites for gypsy moth infestations. This is not only because these species are favored by the insect but also because they grow in disturbed sites: intensively harvested areas, burns, abandoned agricultural lands, and similar areas. These low-productivity stands contain numerous stem-broken, injured, and rotting trees where the gypsy moth can find shelter, pupate, and lay its eggs. High levels of defoliation are often found in favorable habitats that allow caterpillars to stay up in the trees instead of coming down to the ground, where shelter is less available and predation is more frequent (Figs 17–19).

In contrast, forests highly resistant to gypsy moth grow in rich soil where trees are hardy and numerous enough to form a dense canopy, and ground cover is well developed. The characteristic species are sugar and silver maple, white ash, basswood, white elm, water birch, tulip-tree (southern Ontario), and occasionally eastern hemlock. Mixed hardwood, hardwood–hemlock, and maple–beech associations are resistant to the gypsy moth. Small mammals are more plentiful in these habitats and they are more successful in restraining buildups in the gypsy moth population. However, these species of trees are not immune to periodical or occasional defoliations and sometimes tree mortality, especially if they are surrounded by susceptible stands.

Effects of Defoliation

Negative Effects

Health — Heavy defoliation clearly has a pronounced negative effect on tree health. Defoliation makes the trees susceptible to secondary diseases and insects and, when followed by a period of prolonged drought, can cause the mortality of some individuals. Light defoliation has little effect on tree health.

Growth — Losses of growth in height and especially diameter can reach 50% in the 1st year after defoliation greater than 80%. Early defoliation reduces growth mainly in the upper portion of the tree, whereas late defoliation affects mainly the lower part and hinders hardening of the branches, which are therefore less able to withstand winter conditions (Gerardi and Grimm 1979, p. 102). If severe defoliation occurs in succeeding years, losses can be 75% in the 2nd year and 90% in the 3rd year. During infestations, even less favored stands can be defoliated if they are surrounded by vulnerable stands. Moreover, when an infestation threatens a

Figure 17. Degraded and opened stand susceptible and vulnerable to large populations of the gypsy moth. (L. Jobin)

Figure 19. Birch stand very susceptible and vulnerable to the gypsy moth because it is used as a campground — trailers or tent-trailers are good locations for egg laying and could be moved from an infested area to a clean one. (L. Jobin)

Figure 18. Type of birch stand very susceptible to the gypsy moth. (L. Jobin)

commercial forestry operation, the loss in diameter growth is often more important than the loss due to tree mortality. When mortality occurs, it is apparently higher during the first years of a heavy infestation than during the later years. After a gypsy moth infestation, the trees need 2 or 3 years to recuperate before they regain their normal levels of productivity. Often, partial thinning resulting from tree mortality favors rapid growth of the remaining trees if young enough to respond favorably. A few years after the collapse of an outbreak, the total volume of wood in the stand then equals or nearly equals the output that would have been normal for the type and age of stand.

Mortality — In a stand containing less than 20% highly susceptible hosts, repeated defoliation causes little mortality. The risk increases in proportion to the percentage of susceptible hosts. Nevertheless, twigs can die in the 1st year of heavy defoliation and are even more likely to be killed if further defoliation occurs in succeeding years.

Soil water — When heavy defoliation affects large areas of forest, the site can no longer use the same volume of water that normally is lost through foliage evaporation. Any water it cannot use is rapidly lost to water courses and reservoirs, whose levels may fluctuate and cause local floodings.

Refoliation — After total or near-total defoliation, the tree usually grows new leaves in August, but they are often malformed or smaller than normal.

Temperature — In a defoliated forest, sunlight falls directly on the vegetative cover, raising the temperature of the soil and the litter and driving away predators such as snakes, lizards, and frogs. In some cases, prolonged higher soil temperature may cause some root damage which in turn affects tree health.

Insolation (sunburn) — In a severely or completely defoliated crown, the thin bark of young branches or stems may overheat in places. The cambium can be partly destroyed and, under some circumstances, the bark can crack or dry out.

Metabolism — To a greater or lesser extent, serious defoliation affects all of the following functions: timing of leaf growth, production of flowers and seeds, respiration and photosynthesis, conversion of metabolites and food reserves, hormone production, and fiber growth.

Recreation — As a people pest, the large caterpillars crawl over and into everything, often disrupting outdoor activities. This occurs particularly in campgrounds where the pest annoys campers and threatens the health of the trees and shrubs. In addition, control measures are difficult to apply in such areas without endangering people's health.

Aesthetics — The ornamental beauty of trees, or their utility as windbreaks or privacy barriers, is lessened.

A Positive Effect

Heavy defoliation over several consecutive years can kill host trees and encourage growth of less vulnerable species. In the long term, the stand may become less susceptible, although this natural process is slow and uncertain.

Control

The principal factors affecting gypsy moth population are related to the weather and the relationship between insect population density and the individual habitat.

Control efforts may be undertaken (1) during the buildup period when the insect is present in isolated infestation centers to prevent further buildup (although this may require repeated treatments); (2) during the infestation, to preserve the vegetation and decrease the insect population; or (3) during the latent period.

An excellent way to be aware of a new increase in gypsy moth population, its appearance in new areas, or the population level at the end of the latent period is to use pheromone traps (Figs 20–22). These traps of various shapes and materials are baited with a female sexual pheromone that specifically attracts adult male gypsy moths. The traps should be laid out yearly during the moth period to follow population trends; a high number (more than 10) of captured male moths in one or more traps could be the sign of buildup of a new local infestation or the moths could have been blown to the trap site by strong weather fronts. To be sure, scouting for egg masses should be undertaken and the eggs, if found, destroyed immediately if possible (Figs 23 and 24). In all cases, the requirement for a control treatment must be considered in the light of the economic consequences of an infestation, including its effects on forestry, agriculture, tourism, and aesthetics.

After a latent period of several years, during which the gypsy moth goes almost undetected, the insect begins a 3- or 4-year buildup period and its population increases without causing any truly noticeable damage. Treatment of large expanses of woodland is not recommended during this period, because such treatments are often ineffective in preventing explosive population growth shortly afterward. At the end of the buildup period, the insect multiplies rapidly until it becomes visibly harmful by causing heavy defoliation for 2 or 3 years.

Spraying, especially with chemical insecticides, will kill many caterpillars almost immediately. However, the remaining individuals will then be

Figure 20. Delta type pheromone trap for the capture of adult male gypsy moths. (L. Jobin)

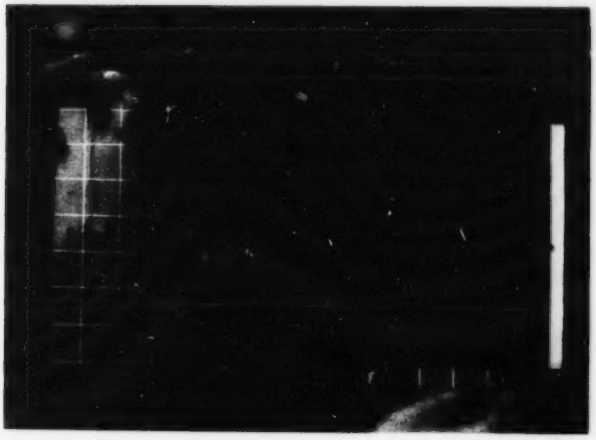


Figure 21. Opened delta trap showing captured moths on the sticky material spread on the inside. (L. Jobin)

Figure 23. Pile of stones, debris close to woodlands, wood piles, and fences are places sought by the gypsy moth for egg laying. (R. Gagnon)

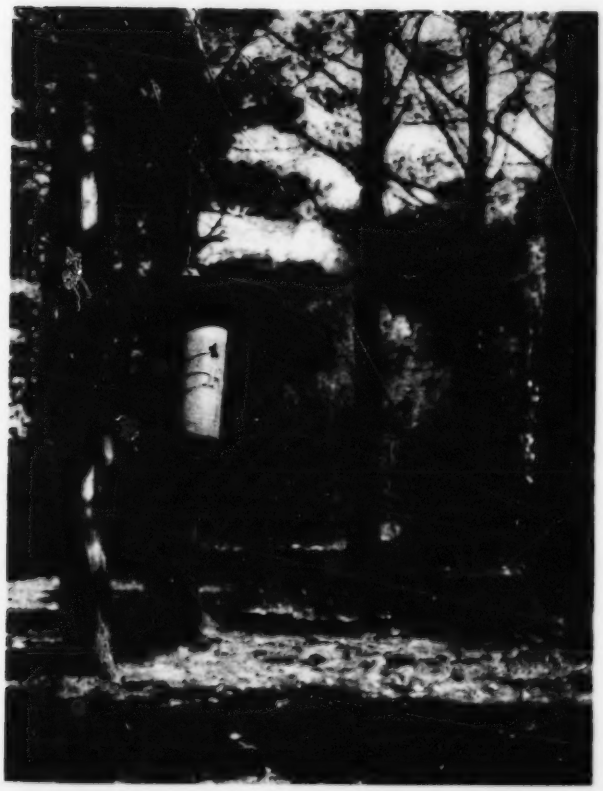


Figure 22. Other type of pheromone trap used to capture adult male gypsy moths. An insecticide plaquette hangs inside, killing moths as they enter the trap. (L. Jobin)

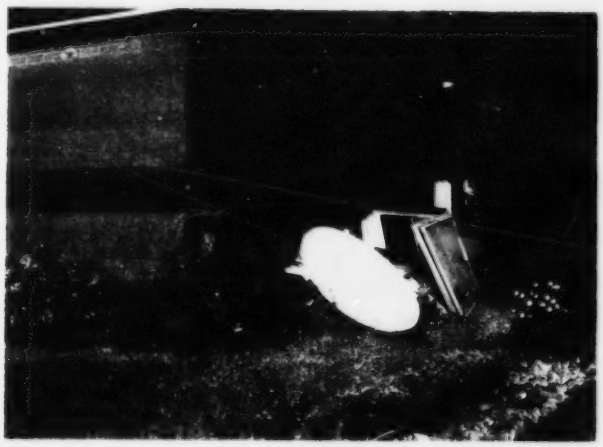


Figure 24. Odd objects found in many backyards are also places sought by the gypsy moth for egg laying. (P. Benoit)

subjected to less competition, and will therefore have a better chance of surviving. In addition, the next egg laying will be more successful and, after a short delay, the infestation will reappear. In contrast, the use of biological control agents (parasites, predators, pathogens, and so on) can lessen the danger of a fresh outbreak because it does not reduce the competition among individuals that occurs during a heavy infestation. When agents such as bacteria, viruses,

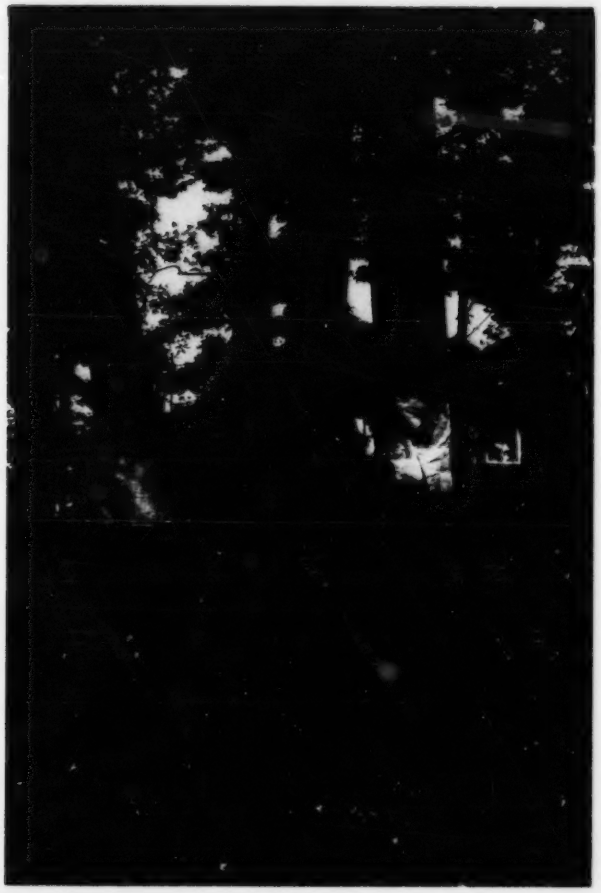


Figure 25. Jute belts on ornamental trees used to trap caterpillars, pupae, or egg masses of the gypsy moth. (P. Benoit)

Figure 26. Caterpillars hidden under the jute during daytime. (L. Jobin)

parasites, or other natural agents are used, the infected caterpillars, which die off slowly, remain within the active population and thus continue to compete for space with the healthy insects. The survivors suffer the effects of this competition throughout their lives and produce fewer and often less hardy offspring.

Finally, it is noteworthy that even with non-silviculture control efforts we can't prevent the gypsy moth's buildup and decline cycles.

Physical Methods

For several trees or in small parks: (1) From the fall until early spring (September to April), collect egg masses by hand and destroy them or treat them by brushing with a creosote product. (2) In summer, if the population is not too high, coat bands of Tanglefoot® around tree trunks at about 1 m high to catch climbing larvae from other trees. Recoat the bands periodically to maintain their stickiness. (3) Install traps made of jute or similar material to provide shelter for the caterpillars during the day. Catch the caterpillars between morning and late afternoon. Caterpillars should not be handled with bare hands because their hairs cause irritation (Figs 25–29).

Silviculture Methods

For forests or large wooded areas: (1) In even-aged eastern white pine–grey birch stands, the presence of

Figure 27. Caterpillars hidden under a tarpaper trap during daytime. (L. Jobin)

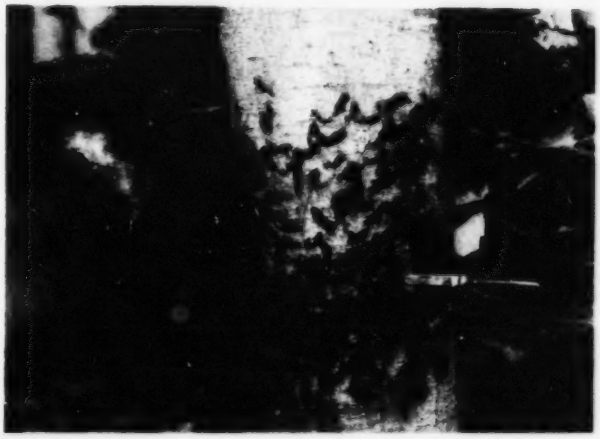


Figure 28. Numerous pupae under a tarpaper belt. (L. Jobin)

Figure 29. Removing caterpillars hidden under the jute belt. Caterpillars should not be handled with bare hands because their hairs cause irritation. (C. Moffet)

the grey birch is a constant threat. Progressive elimination of at least part of the birch population is recommended. (2) In young, even-aged eastern white pine–oak stands in dry soil, treatments to encourage the pine to the detriment of the oak are recommended. (3) Clear-cutting of vulnerable stands followed by replanting of resistant species is rarely economical or justified. It can, however, be desirable in limited areas subjected to intensive use.

When considering silviculture practices for improving a site, it is important to consider (1) stands of trees favored by all larval stages (see list of host plants) are the hardest hit (for example, grey birch and aspen in Quebec); (2) dry, poor, rocky soils that are subject to various kinds of stress encourage the growth of host species favored by the gypsy moth; and (3) burning, grazing, and clear-cutting, especially on poor soils, make sites available to regeneration by pioneer plants prone to invasion by the gypsy moth.

Insecticides

When the foliage is about one-third developed (slightly earlier if the gypsy moth population appears to be excessively high and the insects are eating

leaves as they appear), one of the following products may be applied, using an aircraft or helicopter for large areas, or a hydraulic pump or a mistblower for small areas or ornamental trees.

Products available in 1989 (substitutes are usually available when some products are removed from the market): polymerized butenes or natural gum resins (Tanglefoot®), which are sticky insecticide strips for domestic use; *Bacillus thuringiensis* (Bactospeine®, Dipel®, Envirobac®, Futura®, Thuricide®) for domestic, commercial, or restricted use[1] (20–30 Billion International Units [BIU]/ha, between second and third larval instar); acephate (Orthene®) for commercial and restricted use; carbaryl (Sevin®, Sevimol®) for domestic, commercial, or restricted use; diflubenzuron (Dimilin®) for restricted use; permethrin (Ambush®) for domestic use; phosmet (Imidan®) for domestic or commercial use; pyrethrins (Raid®) for domestic use; trichlorfon (Dylox®) for commercial and restricted use.

Conclusion

The gypsy moth is not native to Canada. It has been accidentally introduced in many locations in the country, and on several occasions eradication measures have been effective. Control and eradication measures are presently used in the West and in the extreme East. In Quebec and Ontario the insect seems to be established permanently. Therefore, we must understand its behavior, its impact on the forest, and the factors that govern its population cycles.

[1] Domestic use: Products may be used by everyone.
Commercial use: Some products or formulas may be used only by licensed applicators.
Restricted use: Products may be used only under the supervision of a government agency.

Bibliography

Benoit, P. 1980. La spongieuse — une menace? Le Progrès forestier. June: 18-19.

Benoit, P. 1980. Moyens de protéger vos arbres contre la spongieuse. Le Progrès forestier. September: 20–21.

Bess, H.A.; Spurr, S.H.; Littlefield, E.W. 1947. Forest site conditions and the gypsy moth. Harv. For. Bull. No. 2. 56 p.

Brown, G.S. 1975. La spongieuse, *Porthetria dispar* (L.). Pages 231–236 *in* Traitements aériens pour combattre les insectes forestiers au Canada. Edited by M.L. Prebble, Dep. Environ., Ottawa. (Also available in English: Gypsy Moth, *Porthetria dispar* (L.). Pages 208-212 *in* Aerial Control of Forest Insects in Canada.)

Brown, M.W.; Cameron, E.A. 1982. Natural Enemies of *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantriidae) Eggs in Central Pennsylvania, U.S.A., and a Review of the World Literature on Natural Enemies of *L. dispar* Eggs. Entomophaga 27: 311–322.

Burgess, A.F. 1913. The Dispersion of the Gypsy Moth. US Dep. Agric. Bur. Entomol. Bull. No. 119. 62 p., 16 plates, 6 figs.

Collins, C.W. 1915. Dispersion of gypsy moth larvae by the wind. US Dep. Agric. Bull. No. 273. 23 p.

Doane, C.C.; McManus, M.L., eds. 1981. The Gypsy Moth: Research Toward Integrated Pest Management. US Dep. Agric. For. Serv. Sci. Educ. Agency Tech. Bull. 1584. 757 p.

Felt, E.P. 1905. Insects Affecting Park and Woodland Trees. N.Y. State Mus. Mem. No. 8, N.Y. State Educ. Dep., Albany, N.Y.

Forbush, E.H.; Fernald, C.H. 1896. The Gypsy Moth. State Board Agric., Wright & Potter Printing Co. State Printers, Boston, Mass. 495 p.

Gerardi, M.H.; Grimm, J.K. 1979. The History, Biology, Damage, and Control of the Gypsy Moth, *Porthetria dispar* (L.). Fairleigh Dickinson University Press, Rutherford, N.J. 233 p.

Houston, D.R. 1979. Classifying Forest Susceptibility to Gypsy Moth Defoliation. US Dep. Agric. Handb. No. 542. 23 p.

Houston, D.R.; Valentine, H.T. 1977. Comparing and predicting forest stand susceptibility to gypsy moth. Can. J. For. Res. 7:447–461.

Leonard, D.E. 1974. Recent developments in ecology and control of the gypsy moth. Annu. Rev. Entomol. 19:197–229.

Mosher, F.H. 1915. Food Plants of the Gypsy Moth in America. US Dep. Agric. Bull. No. 250. 39 p.

Podgwaite, J.D. 1979. Diseases of the Gypsy Moth: How they help to regulate populations. US Dep. Agric. Handb. No. 539. 15 p.

Sippell, W.L.; Rose, A.H.; Gross, H.L. 1969. Annual Report of the Forest Insect and Disease Survey. Dep. Fish. For., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. p. 52–71.

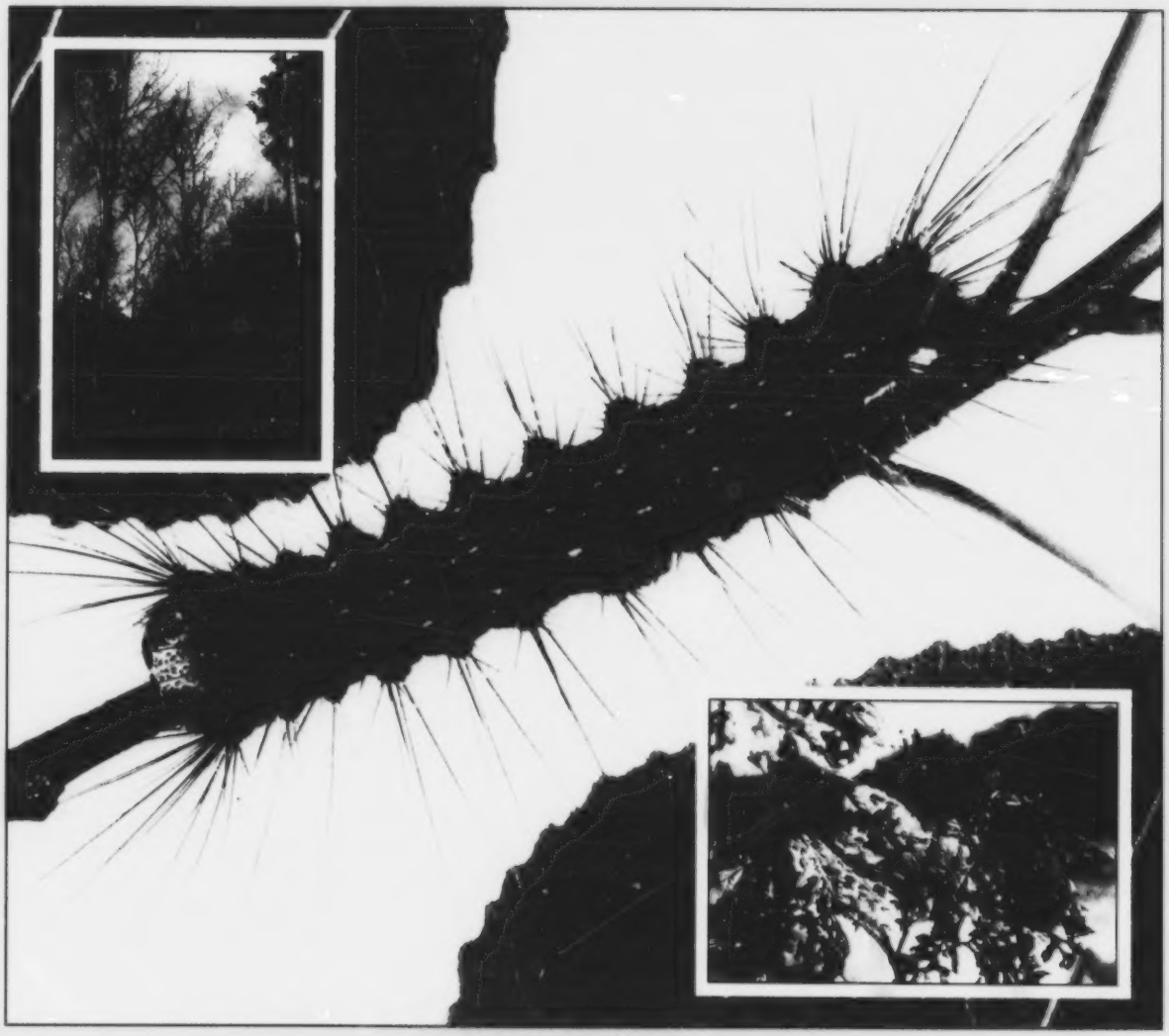
Société zoologique du Québec Inc., La. 1983. Noms français des oiseaux du Canada et des États-Unis continentaux. La Société zoologique du Québec, Charlesbourg, Quebec. 80 p.

Sterner, T.E.; Davidson, A.G. Ed. 1982. Insectes et maladies des arbres au Canada 1981. Dep. Environ., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. 48 p. (Also available in English: Forest Insect and Disease Conditions in Canada 1981.)

La spongieuse au Canada: Moeurs et répression

Paul Benoit et Denis Lachance

Région du Québec • Rapport d'information DPC-X-32F



Forêts Canada Forestry Canada

Canada

Forêts Canada

Forêts Canada est l'organisme principal en matière de foresterie à l'intérieur du gouvernement fédéral. Chef de file sur le plan national, il assure la préparation, la coordination et la mise en œuvre des politiques et des programmes fédéraux dans le but d'améliorer les avantages économiques, sociaux et environnementaux à long terme offerts aux Canadiens par le secteur forestier.

Forêts Canada est une organisation décentralisée: six régions, deux instituts de recherche nationaux ainsi que sept sous-bureaux régionaux sont répartis dans tout le Canada. L'administration centrale est établie dans la région de la Capitale nationale, à Hull (Québec).

Pour remplir son mandat, Forêts Canada assume les tâches suivantes:

- il administre les accords de développement forestier conclus avec les provinces
- il entreprend et appuie la recherche, la mise au point et le transfert technologique dans le domaine de la gestion et de l'utilisation des forêts
- il rassemble, analyse et diffuse de l'information sur les ressources forestières nationales et internationales et les domaines connexes
- il fait des relevés des maladies et des insectes ravageurs des forêts canadiennes
- il fournit de l'information, des analyses et des conseils (quant aux politiques) concernant l'économie, l'industrie, les marchés et le commerce reliés au secteur forestier
- il favorise les occasions d'emploi et de formation universitaire et technique dans le secteur forestier
- il encourage les Canadiens à prendre conscience de tous les aspects du secteur forestier.

Forêts Canada entretient des rapports sur une base régulière avec les gouvernements provinciaux et territoriaux, l'industrie, le monde du travail, les universités, les environnementalistes et le public par l'entremise d'organismes comme le Conseil canadien des ministres des Forêts, le Conseil consultatif du secteur forestier, le Conseil consultatif de la recherche forestière du Canada, le Comité de l'Inventaire des forêts du Canada, le Comité canadien de la gestion des incendies de forêt, le Centre interservices des feux de forêt du Canada et des comités consultatifs régionaux. Forêts Canada joue également un rôle actif dans des organismes internationaux de foresterie comme l'Union internationale des instituts de recherches forestières et l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, de même qu'au sein de délégations de nature technique ou commerciale.

La spongieuse au Canada: Mœurs et répression

Paul Benoit et Denis Lachance

Forêts Canada
Région du Québec
Sainte-Foy (Québec)

Rapport d'information DPC-X-32F
Forêts Canada
Ottawa, 1990

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
Numéro de catalogue Fo46-13/32-1990
ISBN 0-662-57473-7
ISSN 0705-324X

Pour obtenir des exemplaires gratuits, s'adresser à:

Forêts Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1G5

Des microfiches ou copies de cette publication sont en vente chez:

Micromédia Ltée
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

Les recommandations sur l'utilisation des insecticides que comprend cette publication ne constituent que des lignes directrices. Tout insecticide doit être appliqué conformément aux instructions qui figurent sur l'étiquette du produit selon la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Il faut toujours lire cette étiquette. L'usage d'un insecticide devrait également être recommandé par les autorités provinciales. Veuillez les consulter pour obtenir des conseils précis.

Pour obtenir plus d'informations sur les insecticides, vous pouvez communiquer avec le National Pesticide Information Service d'Agriculture Canada, en composant 1-800-267-6315.

L'exclusion de certains produits manufacturés ou la mention d'autres produits ne signifie pas nécessairement que Forêts Canada les désapprouve ou les approuve.

Pensez à recycler !

Texte imprimé sur du papier contenant des rebuts recyclés.

Think Recycling!

Couverture : (*en haut, à gauche*) Peuplement de chênes rouges défoliés par la spongieuse. (P. Therrien)
(*centre*) Chenille âgée de la spongieuse. (T. Arcand)
(*en bas, à droite*) Défoliation modérée d'un chêne rouge par la spongieuse. (L. Jobin)

Table des matières

Résumé 1

Introduction 1

Origine et distribution 1

Plantes-hôtes 2

Description 3
- Oeufs 3
- Chenille 3
- Chrysalide 4
- Papillon 5

Cycle vital 5
- Ponte et éclosion 6
- Période de développement de la chenille 6
- De chenille à papillon 7
- Sortie du papillon, accouplement et ponte 7

Influences des facteurs abiotiques 8
- Température 8
- Lumière 8
- Humidité 8
- Vent 9

Influences des facteurs biotiques 9
- Nourriture 9
- Densité 9
- Prédateurs 9
- Parasites 10
- Pathogènes 10

Vulnérabilité de la forêt 12

Effets de la défoliation 12
- Effets négatifs 12
- Effet positif 14

Techniques de lutte 14
- Méthodes physiques 16
- Méthodes sylvicoles 16
- Insecticides 17

Conclusion 18

Bibliographie 18

Résumé

Ce rapport décrit où, quand et comment la spongieuse, (*Lymantria dispar* [Linnaeus]) a été introduite au Canada et quelle est sa distribution actuelle. L'insecte, son cycle reproductif et les facteurs environnementaux qui influencent ses mœurs y sbnt exposés et illustrés en détail. Le rapport se termine par un chapitre consacré à la répression de cet insecte.

Introduction

La spongieuse est souvent considérée comme le pire insecte défoliateur des essences feuillues du nord-est des États-Unis. Au Canada, les dommages qu'elle cause sont limités, mais son potentiel destructeur est important et elle est reconnue pour ses explosions cycliques de populations suivies par des régressions soudaines. Une seule défoliation complète peut détruire les espèces résineuses et trois défoliations totales consécutives peuvent être fatales aux espèces feuillues. Les larves (chenilles) de la spongieuse sont un fléau dans les villes et les centres de villégiature où, en plus de perturber les activités humaines, elles nuisent à la santé des arbres et ralentissent leur croissance ligneuse.

Origine et distribution

La spongieuse (*Lymantria dispar* [Linnaeus]) doit son nom spécifique à son grand dimorphisme sexuel: les papillons femelles sont d'une couleur beaucoup plus claire et ont le corps plus gros que les mâles. L'insecte est très répandu en Europe et dans le nord de l'Asie, où il présente de nombreuses sous-espèces régionales (particulièrement en Asie). La spongieuse a été introduite en Amérique du Nord en provenance de la France, en 1868 ou 1869, par Léopold Trouvelot, artiste, naturaliste, mathématicien et astronome qui élevait des vers à soie et les croisait à d'autres insectes pour obtenir des variétés plus rustiques. Il menait ses recherches dans le quartier Glenwood de la ville de Medford située au nord de Boston (Massachusetts), lorsqu'une cage contenant des chenilles de spongieuse a été renversée par le vent. Trouvelot a cherché sans succès les insectes dispersés et a signalé l'accident aux autorités. Peu de mesures ont été prises et l'incident a été vite oublié jusqu'à ce que la population de spongieuses connaisse une explosion sans précédent en 1889. En dépit de nombreux efforts pour le combattre, l'insecte a envahi tous les États de la Nouvelle-Angleterre. À plusieurs reprises, il a été accidentellement transporté dans des États éloignés comme le Michigan, la Floride et la Californie. Les efforts pour détruire l'insecte après son introduction ont partiellement réussi dans tous ces États, à l'exception du Michigan où il se multiplie rapidement (figure 1).

L'introduction de la spongieuse au Canada a été rapportée pour la première fois au port de Vancouver, en 1911, où des inspecteurs de la Division de la protection des végétaux d'Agriculture Canada ont découvert et détruit 8 masses d'œufs sur un petit thuya en provenance du Japon. Dans l'Est, l'insecte a été découvert en 1924, près d'Henrysburg et de Stanstead au Québec, une région qui jouxte la vallée déjà infestée du lac Champlain dans l'État de New York. À Henrysburg, on a créosoté toutes les masses d'œufs, on a brûlé tout ce qui pouvait brûler et pouvait contenir des œufs et on a nettoyé les clôtures de pierre, tant et si bien que toute trace de l'insecte avait disparu en 1926. La seule masse d'œufs découverte à Stanstead s'est révélée stérile. On a retrouvé la spongieuse au Canada en 1936 près de St. Stephen au Nouveau-Brunswick. Cette fois, il a fallu 4 ans de lutte intensive pour détruire l'envahisseur. Plus tard, en dépit des programmes de surveillance mis sur pied dans les zones forestières du Québec adjacentes au nord des États-Unis, et malgré les programmes annuels de lutte menés de 1959 à 1965 et couvrant parfois jusqu'à 800 hectares, la spongieuse s'est répandue dans le sud du Québec. Dès 1966, elle occupait 9 700 ha près de Huntingdon et de Châteauguay. L'année suivante, la zone triangulaire formée par Saint-Chrysostome, Rockburn et Hemmingford, soit plus de 14 000 ha, était fortement infestée. De plus, des infestations locales de plus de 800 ha ont été rapportées près d'Ormstown et dans la région entourant le nord du lac Champlain.

En 1969, la spongieuse atteignait l'Ontario, plus exactement l'île Wolfe près de Kingston. Depuis ce temps, elle s'est propagée dans certaines îles avoisinantes, dans le nord de Kingston, à Ottawa, dans la région de Cornwall et même vers l'est jusqu'à la frontière du Québec (figure 2). L'insecte a été décelé à Toronto en 1980 et s'est rapidement répandu autour du lac Ontario jusqu'à Niagara Falls. Pendant les années qui ont suivi, l'infestation a pris de l'ampleur jusqu'en 1985, alors qu'une défoliation a touché quelque 246 000 ha dans l'est et la région adjacente du centre de l'Ontario. En 1986 et en 1987, les infestations ont ralenti considérablement pour n'atteindre qu'environ 12 000 ha où la défoliation a été de modérée à grave.

En 1978, la spongieuse a été accidentellement réintroduite en Colombie-Britannique, dans le

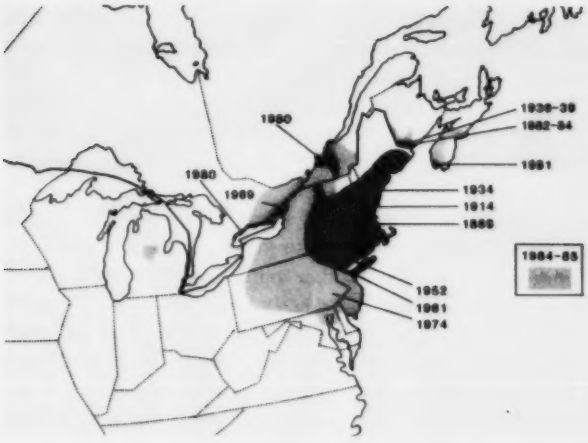


Figure 1. Dispersion de la spongieuse dans le nord-est de l'Amérique du Nord depuis son introduction en 1869. (M. Bolduc et C. Moffet)

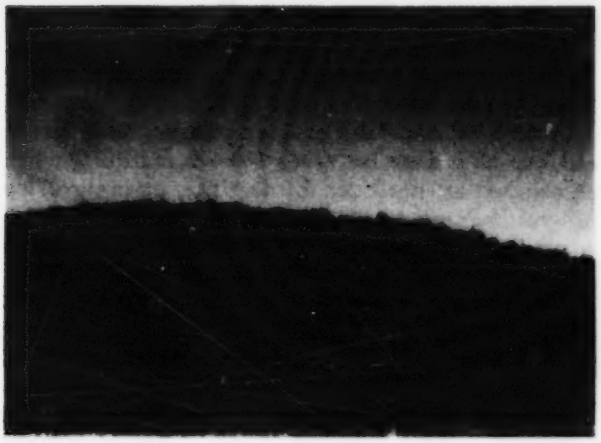


Figure 2. Peuplement de chênes et d'érables dont les chênes sont défoliés par la spongieuse, à La Trappe (Québec). (L. Jobin)

quartier Kitsilano de Vancouver, quand un résident de la petite municipalité de l'Île-Cadieux, située à l'ouest de Montréal (Québec) a transporté par inadvertance une quarantaine de masses d'œufs fixées à de l'équipement récréatif de plein air. On a découvert la présence de la spongieuse grâce à des pièges à phéromone. Des mesures de lutte importantes ont été prises en 1979. L'insecte n'a pas réapparu dans la région, mais des introductions furent subséquemment notées ailleurs. Des opérations de suppression ont été menées à nouveau.

Au Nouveau-Brunswick, une nouvelle infestation a été découverte en 1981 à Mohannes, comté de Charlotte, dans un peuplement de chênes bordant la rivière St. Croix, ainsi qu'une chenille dans le cimetière de Oak Hill, 20 km plus loin. Dans ce comté, quelques masses d'œufs ont été découvertes à d'autres endroits chaque année, mais sans défoliation. En 1987, une défoliation s'est produite sur une surface de plus de 5 ha près de Moose Mills et des opérations de suppression ont été menées. On peut rapprocher cette situation de celle qui existait dans l'État voisin du Maine, aux États-Unis.

Enfin, dans l'ouest de la Nouvelle-Écosse, des masses d'œufs et des restes de chrysalides ont été découverts en 1981, et depuis ce temps la spongieuse est apparue dans des endroits isolés de tout l'ouest de la province et principalement de Halifax à Kemptville.

Les plus récentes études faites au Québec indiquent que la spongieuse est commune dans tout le sud de la province, entre la frontière américaine et le fleuve Saint-Laurent. Elle avance graduellement vers l'est et a même atteint la région de Québec où on trouve des masses d'œufs depuis 1982. Elles sont détruites au fur et à mesure de leur découverte.

Aux États-Unis, où la lutte contre la spongieuse se poursuit depuis plus de 100 ans, on a noté que les pullulations en un lieu donné durent entre 3 et 4 ans, puis l'insecte reste en veilleuse pendant 7 ou 8 ans. Au Québec, les infestations semblent suivre le même cycle. Pour le moment, la spongieuse n'infeste pas de grandes étendues de forêts comme c'est le cas pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou la livrée des forêts. Les infestations sont le plus souvent éphémères et prennent la forme d'une succession de pullulations et de régressions isolées, un peu partout dans son aire de distribution.

Plantes-hôtes

Parmi les insectes polyphages, la spongieuse est sans aucun doute celui qui s'accommode du plus grand nombre de plantes. Ceci est particulièrement vrai pour les chenilles âgées qui peuvent s'alimenter d'herbes, de plantes maraîchères, d'arbustes, d'arbrisseaux, de feuillus et de conifères. À partir d'expériences en laboratoire et d'observations en nature, les chercheurs ont dénombré près de 500 espèces dont l'insecte peut se nourrir. Au Québec, jusqu'à maintenant, les observateurs ont noté plus de 30 espèces d'arbres et d'arbustes qui peuvent servir de nourriture à la spongieuse.

Pendant une pullulation extrême, presque toutes les plantes sont vulnérables, mais lorsque les populations sont peu nombreuses, les chenilles, surtout les jeunes, s'alimentent des espèces les plus favorables à leur développement.

À partir de nos propres données et des listes des plantes-hôtes connues en Europe et aux États-Unis, nous sommes en mesure de déterminer quelles essences sont les plus susceptibles d'être défoliées par la spongieuse dans l'est du Canada et particulièrement au Québec. (Nous remercions M.J. Lechowicz du département de biologie de l'Université McGill pour la révision finale de cette liste des plantes-hôtes.)

Hôtes préférés par tous les stades larvaires: aulne, pommier, tilleul d'Amérique, noisetier à long bec, bouleau (à l'exception du bouleau jaune et du bouleau flexible), aubépine dorée, mélèze, chêne, peuplier (à l'exception du peuplier argenté et du peuplier deltoïde), rosier, amélanchier alnifolié et saule.

Hôtes choisis uniquement par les chenilles âgées: sapin baumier, hêtre à grandes feuilles, pruche du Canada, pin et épinette.

Hôtes choisis en dernier lieu par les chenilles âgées: cerisier, bouleau flexible, orme, peuplier deltoïde, caryer, charme de Caroline (bois de fer), érable (à l'exception de l'érable à épis, de l'érable rouge et de l'érable de Pennsylvanie), poirier, peuplier argenté, sumac vinaigrier et bouleau jaune.

Le choix des hôtes dépend aussi de la disponibilité des autres sources de nourriture dans ce secteur. Par exemple, dans un secteur où la spongieuse est particulièrement active, un chêne rouge ornemental serait fortement menacé par la défoliation, mais la même espèce dispersée dans une érablière pourrait demeurer intacte.

Les plantes qui suivent ne sont pas attaquées par la spongieuse à moins que les chenilles ne manquent de nourriture: frêne, cornouiller, thuya occidental, févier épineux, airelle, genévrier rouge, robinier faux-acacia, érable à épis, mûrier, viorne lentago, framboisier, gadellier cultivé, érable rouge, sassafras officinal, érable de Pennsylvanie, sycomore, tulipier d'Amérique et noyer.

Description

Oeufs

Les œufs sont pondus en masses ovales ou souvent en forme de poire allongée contenant au minimum 100 œufs et jusqu'à près de 1 000; le plus grand nombre jamais enregistré a été de 1 400, mais la moyenne se situe entre 400 et 600. Pendant une invasion légère, cette moyenne est plus élevée qu'au cours d'une invasion grave ou qu'à la fin d'une épidémie.

Les masses d'œufs ont de 15 à 40 mm de longueur, de 10 à 25 mm de largeur et environ 5 mm d'épaisseur. Pendant la ponte, la femelle couvre les œufs de poils abdominaux de couleur beige ou chamois qui leur donnent l'apparence d'une petite éponge, d'où le nom de spongieuse donné à cette espèce.

Chacun des œufs d'une masse est de forme presque sphérique, légèrement aplati en dessous et généralement aplati ou déprimé sur le dessus. Chaque œuf a un diamètre d'environ 1,5 mm. Fraîchement pondus, les œufs vont du jaune pâle au rose saumon, puis deviennent bruns ou brun foncé à mesure que les embryons se développent, un processus qui dure environ 3 semaines. À l'œil nu, la surface des œufs semble lisse, mais elle est marquée de petits hexagones irréguliers, sauf sur la dépression supérieure où se trouve le micropyle (petite ouverture) entouré d'une rosette.

Lorsque les conditions printanières sont favorables à l'éclosion, il faut de 2 à 4 journées chaudes pour que toutes les chenilles viables d'une masse émergent. Dans une région particulière, la période d'éclosion peut durer de 10 à 30 jours ou même plus (figures 3, 4 et 5).

Chenille

La période de croissance des larves (ou chenilles) est marquée de plusieurs étapes appelées «stades de développement». La chenille qui deviendra un papillon mâle traverse 5 stades; celle qui se transformera en papillon femelle en traverse 6. Les chenilles subissent une mue lorsqu'elles passent d'un stade à l'autre, c'est-à-dire qu'elles se débarrassent

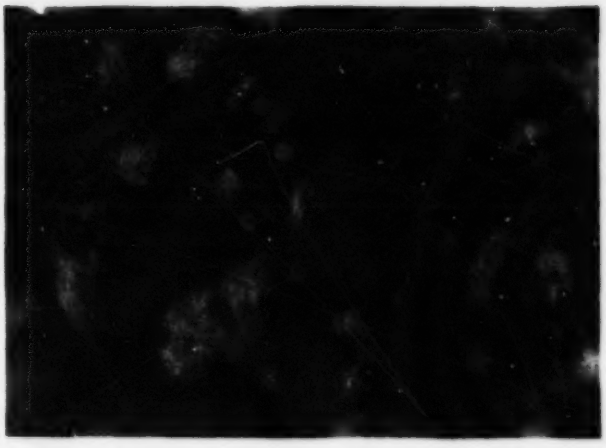


Figure 3. Quelques œufs débarrassés du manteau de poils protecteur. (T. Arcand)

Figure 4. Papillons femelles pondant leur masse d'œufs sur un hêtre. (L. Jobin)

d'un exosquelette (enveloppe extérieure) pour le remplacer par un plus grand.

Stade I — À l'émergence, la larve a une longueur de 4,6 mm. La tête, d'un noir luisant, porte des poils jaunâtres. Dans les heures qui suivent, la couleur prédominante du corps passe de jaune brunâtre à brun foncé. Le corps porte de nombreux tubercules dorsaux, subdorsaux et latéraux. Les tubercules dorsaux et subdorsaux sont ornés de poils longs, lisses et fins, ou de poils courts renflés au tiers basal ou des deux types de poils à la fois. Les tubercules latéraux sont ornés de poils filiformes, parfois plus longs que le corps et hérissés de nombreuses barbelures minuscules. Vers la fin du premier stade, la chenille tourne au brun rougeâtre et les tubercules noircissent.

Stades II à IV — L'insecte peut atteindre 20 mm de longueur avant la quatrième mue. La tête passe du noir brillant au blanc brunâtre marbré. Le corps tourne au brun foncé finement marbré de jaune avec des taches grisâtres et orangées sur le dessus.

Stades V et VI — La longueur varie de 23 mm au début à 60 mm à maturité. La couleur foncière de la tête varie du blanc crème au blanc jaunâtre. Le dessus et les côtés portent des taches brunes ou noires et une bande de la même couleur orne les côtés extérieurs du clypeus (bandeau). La proportion de noir et de blanc varie beaucoup d'une chenille à une autre, mais la tête est toujours ornée de nombreux poils jaunes. Le dorsum du corps est blanc crème et marqué de minuscules taches irrégulières noires lui

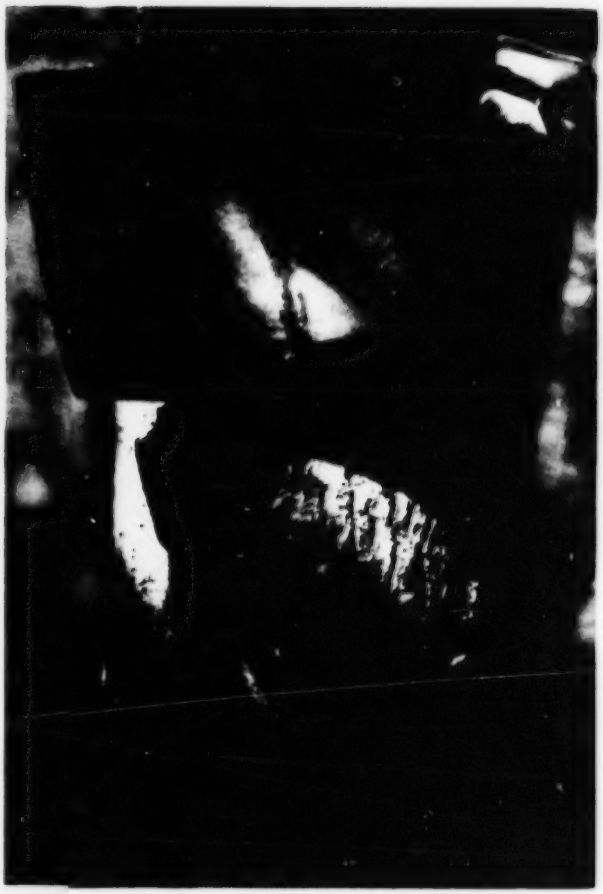


Figure 5. Masses d'œufs de la spongieuse pondus sous une ceinture-piège en papier noir. (L. Jobin)

donnant une apparence gris foncé, mais avec une ligne médiane plus pâle. Les caractéristiques les plus remarquables à ces derniers stades sont les tubercules subdorsaux qui sont bleus du deuxième au sixième segment et rouges du septième au douzième segment. De plus, lorsqu'on observe la chenille de face, les longues touffes de poils des tubercules latéraux, près de la tête, se voient rarement chez les autres chenilles de lépidoptères (figure 6).

Chrysalide

La chrysalide (*Pupa obtecta*) ressemble à une momie. Lisse et cylindrique, elle a les ailes et les pattes étroitement soudées au corps, et ses quatrième, cinquième et sixième segments abdominaux sont libres. Longue de 15 à 20 mm pour le mâle et de 15 à

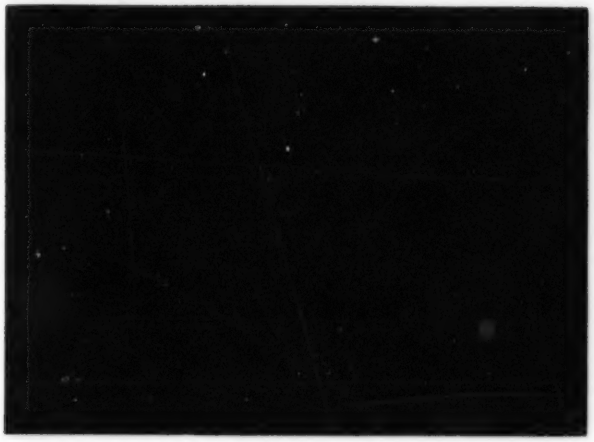


Figure 6. Détails de la tête d'une chenille adulte montrant les touffes de longs poils caractéristiques de la spongieuse. (T. Arcand)

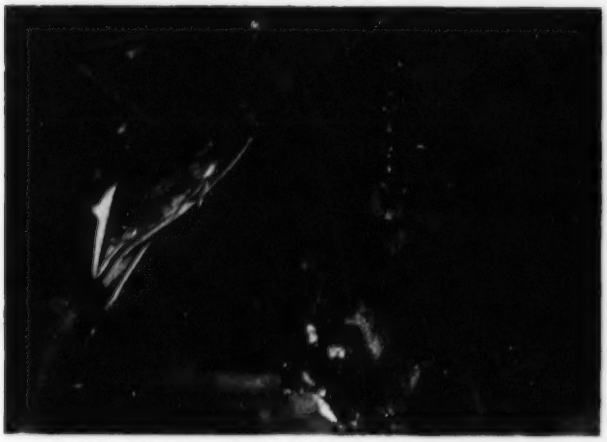


Figure 7. Chrysalides sur un tronc d'arbre. (R. Gagnon)

35 mm pour la femelle, la chrysalide est molle et pâle au début, mais devient assez dure et tourne au chocolat à brun rouge foncé après quelque temps. Des touffes de poils jaune ocre et courts ornent les yeux, la tête, les palpes, le cou et le thorax et sont disposées en 8 rangées équidistantes sur les segments abdominaux. Un petit tubercule sur la face ventrale du dernier segment abdominal distingue le mâle de la femelle. L'abdomen se termine par le crémaster, crochet minuscule avec lequel la chrysalide s'accroche au substrat. La durée de ce stade est en moyenne de 10 jours pour les femelles et de 13 jours pour les mâles (figures 7 et 8).

Papillon

Les papillons mâles ont une envergure de 37 à 50 mm. La couleur prédominante est brun jaune sur le dessus et un peu plus pâle en dessous. Le corps et les pattes sont encore plus pâles que le dessous des ailes tandis que la tête, le thorax et les antennes sont brun-gris. Plusieurs lignes, marques et taches brun foncé sont dispersées sur les ailes antérieures. La marque la plus distinctive du mâle est une antenne poilue très évidente qui permet de le distinguer d'un grand nombre d'autres espèces semblables.

Les femelles ont une envergure de 37 à 62 mm. Le corps et les ailes (dessus et dessous) varient de blanc à blanc jaunâtre à l'exception du dessous et du dessus distal de l'abdomen qui sont jaune pâle. Les marques des ailes antérieures varient du brun au noir ou sont parfois presque inexistantes. Les antennes et

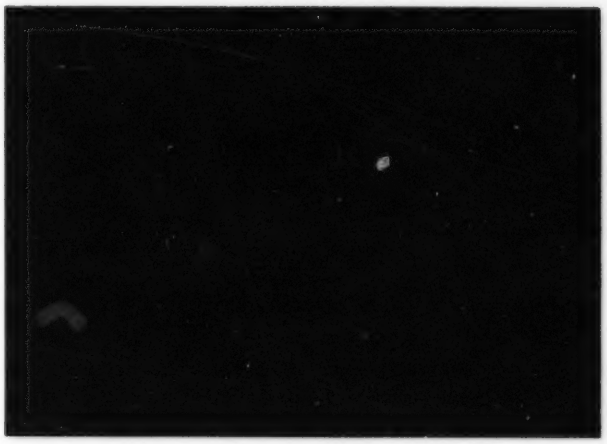


Figure 8. Chrysalide montrant les poils jaunâtres caractéristiques de la spongieuse. (T. Arcand)

les pattes sont brun foncé. L'abdomen est très distendu comparativement à celui du mâle (figures 9 et 10).

Cycle vital

La spongieuse traverse 4 stades durant sa vie: l'œuf, la chenille, la chrysalide et le papillon. L'espèce ne produit qu'une seule génération par année (univoltine).

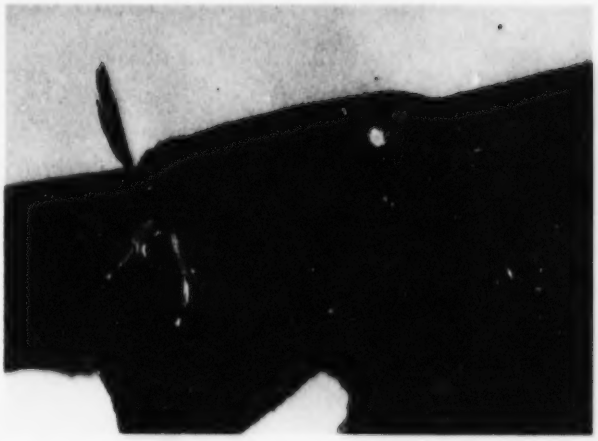


Figure 9. Papillon mâle (grandeur nature, environ 2,5 cm). (T. Arcand)

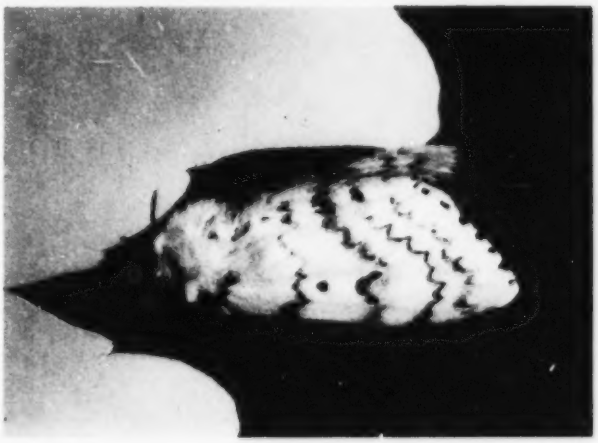


Figure 10. Papillon femelle (grandeur nature, environ 3 cm). (T. Arcand)

Ponte et éclosion

Selon la région, les œufs sont pondus du début de juillet à la fin d'août. L'embryon se développe dès la ponte, mais la petite chenille demeure dans l'œuf jusqu'au printemps suivant. Les masses d'œufs sont déposées presque partout: sur les troncs et les branches d'arbres, sur et sous les pierres, dans les souches creuses, sous des débris divers jonchant le sol, sur les murs de bâtiments, sur les clôtures, sur et sous toutes sortes d'équipements qui prennent appui au sol. La période de l'éclosion commence au mois de mai suivant et peut se poursuivre jusqu'en juin. Les œufs les plus exposés aux rayons du soleil éclosent les premiers.

Période de développement de la chenille

Après l'émergence, les jeunes chenilles restent à la surface de la masse d'œufs, de quelques heures à plus d'une journée. Elles grimpent ensuite au sommet des arbres ou des arbustes pour se nourrir. S'il n'y a pas de feuillage, ou si les chenilles se sentent trop nombreuses, elles arquent leur corps et, à la moindre brise, sont emportées sur un long fil de soie. Elles sont aéroportées vers des lieux plus propices ou tombent dans des milieux tout à fait impropres. C'est la méthode naturelle de dispersion la plus efficace utilisée par la spongieuse. Les jeunes chenilles peuvent survivre jusqu'à une semaine sans se nourrir, mais une forte mortalité se produit parfois pendant la période de dispersion. La période active de la chenille s'étend sur 2 à 3 mois, soit en mai et en juin et parfois en juillet. La durée du premier stade est de 5 à 10 jours, celles des trois ou quatre stades suivants est de 1 semaine chacun environ, tandis que le cinquième (mâles) et le sixième (femelles) durent entre 10 et 15 jours. La durée est toujours liée aux conditions atmosphériques et au milieu. Les chenilles du premier stade se déplacent très lentement et restent inactives si la température est inférieure à 10° C; elles n'atteignent leur activité normale qu'au-dessus de 20° C. Les chenilles du premier au troisième stade demeurent sur les feuilles jour et nuit. Par contre, à partir du quatrième stade, elles délaissent le feuillage et se dissimulent dans les fourches ou sous les branches ou encore sur les parties foncées de l'écorce, ou elles descendent des arbres et s'abritent le jour et ne se nourrissent que le soir et une partie de la nuit. Si les larves sont très nombreuses et que la compétition pour la nourriture est forte, le comportement change et les larges âgées se nourrissent aussi le jour. Notons que plusieurs facteurs, tels la quantité et la qualité de la nourriture, la densité des populations et les basses températures provoquent souvent des mues supplémentaires, particulièrement durant les deux premiers stades. Également, dans toute masse d'œufs, il y a toujours des larves qui font des mues supplémentaires, peu importe les conditions environnantes.

Au cours de sa vie larvaire, la spongieuse dévore en moyenne 1 m^2 de feuillage; moins de 1 m^2 pour une chenille mâle et davantage pour une femelle. Le tout dernier stade larvaire est celui qui

cause le plus de dégâts. Durant cette période, habituellement en juillet, la spongieuse dévore de 60 à 70 % du feuillage qu'elle consommera pendant toute sa vie. C'est pourquoi les dégâts causés par l'insecte apparaissent si soudainement (figures 11 et 12).

De chenille à papillon

Ce stade apparaît comme un temps de repos à cause de l'immobilité de l'insecte, mais il en est tout autrement en réalité. Pendant cette période de 9 à 17 jours au cours du mois de juillet, la chenille change complètement d'anatomie et de morphologie pour devenir un papillon aux mœurs et aux fonctions tout à fait différentes.

Quand la chenille est à pleine maturité, elle cherche un abri sommaire où elle demeure inactive durant environ 24 heures, puis elle vide son canal alimentaire. Environ 1 heure plus tard, elle commence à tisser, à l'aide d'une glande buccale, un cocon de soie lâche en y incorporant quelques morceaux de feuilles ou autres débris. Après le tissage du cocon qui dure de 5 à 6 heures en moyenne, la chenille, suspendue la tête en bas, reste calme, tout en effectuant cependant quelques soubresauts et torsions rapides. Elle termine la pupaison au bout de 3 heures environ.

Sortie du papillon, accouplement et ponte

Selon la résistance du cocon et la vigueur de l'insecte, le papillon prend de 5 minutes à quelques heures pour sortir de sa chrysalide. Il sèche ensuite assez rapidement et ses ailes prennent de 20 minutes à 2 heures pour bien s'étaler et se raidir. Dès l'émergence, le papillon femelle rampe à courte distance de son lieu de chrysalidation et commence à émettre une phéromone, substance spécifique gazeuse et odorante qui attire les papillons mâles en vue de l'accouplement. La sécrétion de cette phéromone commence généralement 9 heures après l'émergence et se poursuit jusqu'à 20 heures plus tard. L'attraction de cette phéromone augmente avec l'âge de la femelle vierge, mais dès l'accouplement, elle est grandement réduite. Quant au mâle, il vole en zigzag en direction de la source de phéromone et, lorsqu'il trouve la femelle, il communique avec elle en rodant autour tout en faisant vibrer ses ailes. Le temps passé à l'accouplement peut varier de 30 minutes à 3 heures, mais la moyenne est d'environ 1 heure et les cinq à sept premières minutes sont les plus importantes pour assurer le succès de l'insémination. Les papillons mâles peuvent inséminer avec succès plusieurs femelles. Il arrive parfois qu'une femelle soit fécondée par plus d'un mâle. Lorsque deux mâles ou plus s'approchent simultanément d'une même femelle, il se la disputent en se frappant l'un l'autre, ce qui semble être un comportement important pour la dispersion des mâles vers des populations plus éparses en périphérie des centres d'infestation.

La femelle est très lourde de ses œufs, et il est extrêmement rare qu'elle vole. Celles qui volent sont généralement beaucoup plus petites que la moyenne. La femelle commence sa ponte en collant un peu de poils de son abdomen sur le substrat (écorce, roche, clôture, etc.) et en y déposant quelques œufs, les uns à

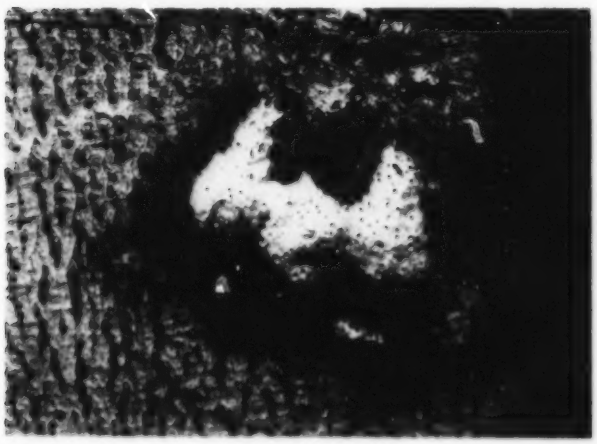


Figure 11. Chenilles néonates fraîchement sorties de la masse d'œufs. (P. Benoit)

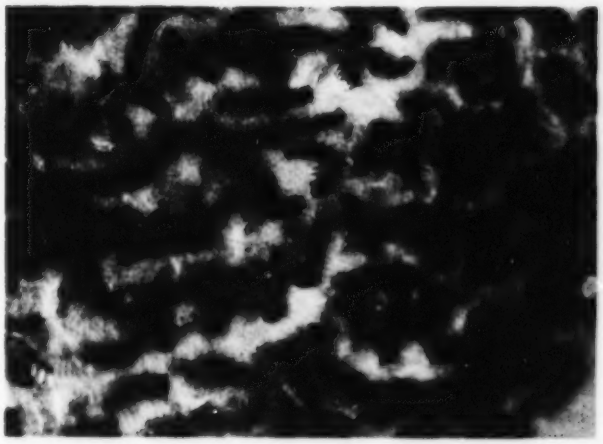


Figure 12. Vue grossie des chenilles néonates fortement poilues. (T. Arcand)

côté des autres. Elle poursuit ensuite sa ponte en déposant les œufs en amas sur les premiers et vers l'avant de façon à faire le plus souvent une masse en forme de poire allongée. Au fur et à mesure de la ponte, les œufs sont collés ensemble et sont recouverts de poils détachés par les mouvements de frottement continuels des segments abdominaux. L'abdomen rapetisse au rythme de la progression de la ponte et une femelle ne pond généralement qu'une seule masse d'œufs; le plus souvent elle ne pond même pas toute sa production d'œufs. La spongieuse met de 2 à 3 jours pour pondre, mais la plus grande partie des œufs est déposée durant les vingt-quatre premières heures. Les embryons se développent en partie au cours des trois semaines qui suivent et complètent leur développement au printemps suivant.

La proportion des œufs pondus près du sol ou haut dans les arbres varie selon la quantité de roches, de clôtures, de souches et de débris présents au sol. Dans une forêt au sol très dégagé, ou dans les parcs urbains, beaucoup d'œufs seront pondus dans le haut des arbres (figure 13).

Figure 13. Nombreuses masses d'œufs pondus sur le partie supérieure d'un tronc d'un pin blanc. (P. Therrien)

Influence des facteurs abiotiques

Température

Les embryons de la spongieuse doivent entrer en diapause à des températures froides (hiver) pour pouvoir éclore au printemps. Cependant, les températures descendent parfois trop bas pour qu'ils survivent. En général, une température de -25° C pendant une journée peut tuer 20 % des embryons et jusqu'à 95 % si elle dure 5 jours. Au Canada, les embryons peuvent survivre à une plus longue exposition à cette température que ceux du Massachusetts, mais la température léthale est la même aux deux endroits. Cependant, une épaisseur de seulement 5 cm de neige peut protéger 50 % des œufs (embryons) contre une température de -38° C.

Des températures chaudes trop hâtives au printemps peuvent être néfastes en provoquant une éclosion prématurée avant l'apparition du feuillage. Ces printemps hâtifs sont le plus souvent suivis de refroidissements importants qui tuent une grande partie des chenilles néonates.

Lumière

La lumière joue un rôle prédominant dans le comportement des chenilles. Par exemple, les chenilles néonates sont photopositives à la naissance, mais l'influence de la lumière est annulée quand la chenille perd le stimulus tactile perçu par les pattes prothoraciques, comme lorsqu'elle atteint l'extrémité d'une branche. La lumière régit aussi le cycle de nutrition de la chenille. Au quatrième stade, la chenille passe de l'alimentation diurne à l'alimentation nocturne. Le jour, les chenilles restent dans leurs aires de repos, mais à mesure que la luminosité diminue, au crépuscule, elles retournent dans le feuillage pour se nourrir surtout en soirée, avec un léger regain d'activité avant l'aube.

Humidité

Durant les périodes de pluie, les chenilles néonates se cachent sous les feuilles et ne sont pas dispersées par le vent. Cependant, celles qui ne sont

pas encore fixées au feuillage risquent d'être délogées par les gouttes de pluie. Une humidité relative élevée, sans engendrer de pluie, réduit la période prééclosion et la durée de l'éclosion. Elle augmente aussi la longévité des papillons.

Vent

Quoique les modes de transport utilisés par l'homme soient responsables de la dispersion de la spongieuse sur de longues distances, le vent constitue le principal agent naturel des dispersions printanières des chenilles néonates sur des distances allant jusqu'à plus de 50 km. En plus du fil de soie au bout duquel la chenille néonate se laisse pendre des arbres, ses nombreux poils longs et acuminés et ses poils vésiculaires plus courts lui donnent un coefficient de planement très élevé. Le planement est la capacité d'un corps à être transporté passivement par un courant d'air et s'obtient en divisant la surface en centimètres carrés de la chenille par sa masse en grammes. Le coefficient de planement d'une spongieuse néonate atteint 514,3, valeur qui se compare favorablement à celle des graines aéroportées ayant de très hauts coefficients comme le pissenlit et l'asclépiade. Ce coefficient diminue considérablement chez la chenille du deuxième stade.

On peut observer des chenilles néonates transportées au gré des vents pendant presque 1 mois lors d'un printemps normal (20 jours durant un printemps tardif). Le maximum de dispersion se situe entre les dixième et quinzième jours après le début de l'éclosion des œufs lorsque la température chaude (minimum 10° C) est accompagnée de vents d'au moins 4 km/h. Les conditions de dispersion sont optimales quand les températures se situent entre 20° et 30° C et que les vents sont de 8 km/h ou plus. L'altitude que les jeunes chenilles peuvent atteindre n'a probablement pas de limite; elles ont été capturées à des altitudes allant jusqu'à 600 m, mais des tests n'ont pas été faits à des altitudes plus élevées.

Quoique le transport éolien semble favoriser l'établissement de foyers secondaires loin des aires infestées principales, le danger est moins sérieux qu'il ne le paraît, puisque plus les chenilles parcourent de longues distances, plus elles sont isolées les unes des autres et moins elles peuvent former de nouvelles infestations; le taux de mortalité naturelle est aussi plus élevé. À partir de la région du lac Champlain, point de départ de l'infestation de la spongieuse au Québec, il y a une quinzaine d'années, elle n'a étendu son aire de distribution que de quelque 5 km par année dans toutes les directions au nord de la frontière américaine. Cette progression pourrait devenir plus rapide cependant, si des chenilles, des chrysalides ou surtout des masses d'œufs étaient transportés au-delà de la zone principale d'infestation par des véhicules de transport commercial ou des particuliers.

Le déplacement des grosses chenilles vers d'autres sources de nourriture après la défoliation du milieu où elles se trouvaient constitue un autre facteur de dispersion. Les chenilles ne parcourent que de courtes distances, mais ce genre de dispersion est très fréquent dans les foyers à population élevée.

Influence des facteurs biotiques

Nourriture

En général, les chenilles se nourrissant de leurs plantes-hôtes préférées sont moins sujettes à la mortalité, et leur développement est plus rapide que si elles se nourrissent de plantes qu'elles aiment moins. Parmi les mâles et les femelles, on observe une proportion relativement stable d'individus qui subissent des mues supplémentaires. Cette proportion varie particulièrement après le premier stade, selon la qualité et surtout selon la quantité de nourriture. Pour des raisons inconnues, il y a aussi une très faible proportion de chenilles qui se développent en moins de stades que le nombre typique.

Densité

Chez les populations très élevées, le développement du premier stade se prolonge, le nombre de stades surnuméraires augmente, le poids des chrysalides est moindre et la fécondité des papillons femelles diminue.

Prédateurs

Une grande variété d'insectes et d'arthropodes, d'oiseaux et de petits mammifères se nourrissent abondamment d'œufs, de chenilles, de chrysalides ou de papillons de spongieuse. Les mésanges et la fourmi noire gâte-bois sont les deux prédateurs des œufs les plus connus dans l'est du Canada. Cependant, si les insectes se comportent ici comme dans le nord-est des États-Unis, il y aurait prédation des œufs par des cantharides, des dermestes, des trogositides, des chrysopes, des punaises et des acariens.

Parmi les arthropodes prédateurs de chenilles, les insectes carabiques semblent être les plus efficaces, principalement les genres *Calosoma*, *Carabus*,

Harpalus et *Agonum*. Les adultes de ces prédateurs chassent durant le jour tandis que les larves chassent durant la nuit. Les cicindèles, les punaises pentatomides, les fourmis, la guêpe cousine (*Vespula consobrina* [Sauss.]) et la guêpe à taches blanches, le tremex, certaines mouches et les araignées comptent parmi les autres arthropodes utiles dans la répression des populations endémiques de la spongieuse (figures 14, 15 et 16). Dans de telles conditions, les batraciens (crapauds, grenouilles et rainettes) et les reptiles (couleuvres et lézards) apportent aussi une contribution à la prédation des chenilles et des papillons. Parmi les mammifères dont une grande part de la diète alimentaire est constituée d'insectes, le raton-laveur et la mouffette sont les prédateurs les plus importants des diverses formes de la spongieuse. Ces deux espèces étant plutôt nocturnes, on peut supposer qu'elles détruisent davantage les chrysalides dans la litière et les papillons femelles se reposant au pied des arbres. Les chenilles qui mangent surtout la nuit sont moins accessibles pour ces prédateurs.

Parmi les petits mammifères, les tamias et les écureuils sont aussi d'un certain secours, mais les musaraignes, les taupes et les souris sont de loin les plus efficaces. Dans ce groupe, la prédation par la souris à pattes blanches, la sauteuse des bois et la sauteuse des champs, le campagnol à dos roux boréal, la grande musaraigne, la musaraigne cendrée, la musaraigne fuligineuse et le condylure étoilé est très importante.

Un dernier groupe de prédateurs importants, surtout en situation endémique, sont les oiseaux. Plus de 40 espèces prédatrices ont été dénombrées au Canada. Les plus connues sont le geai bleu, le merle d'Amérique, la mésange à tête noire, le moqueur-chat, l'oriole du Nord, le tangara écarlate, le tohi aux yeux rouges et le viréo aux yeux rouges. En plus de nombreux oiseaux se nourrissant de spongieuses lors de leurs migrations printanières, il y a ceux qui profitent de cette source alimentaire additionnelle quand la spongieuse atteint l'état épidémique. Parmi les plus communs, il y a le carouge à épaulettes, la corneille d'Amérique, l'étourneau sansonnet, le mainate bronzé, le vacher à tête brune, le coulicou à bec noir et le bruant familier. Malgré l'énorme quantité de spongieuses que les prédateurs détruisent lors d'infestation, leur impact est infiniment plus bénéfique dans des populations endémiques.

Parasites

Plus d'une centaine d'espèces d'insectes sont reconnues comme parasites de l'œuf, de la chenille ou de la chrysalide de la spongieuse. Parmi les plus actifs dans le nord-est de l'Amérique du Nord, on compte des représentants d'environ 5 familles de Diptères et 16 familles d'Hyménoptères. De ce dernier groupe, les parasites les plus importants appartiennent aux familles des Braconidae (surtout *Apanteles* spp. et *Meteorus* spp.), des Chalcididae (*Brachymeria* spp. et *Chalcis* spp.), des Encyrtidae (*Ooencyrtus* spp.), des Eupelmidae (*Anastatus* spp.) et des Tachinidae (*Zenillia* spp., *Compsilura* spp.). Plusieurs de ces parasites ont été importés d'Europe et d'Asie et ont été relâchés dans les populations de spongieuses où bon nombre se sont implantés et ont détruit annuellement une quantité appréciable de spongieuses.

Figure 14. Un carabe *Calosoma calidum*. (J.-P. Laplante)

Pathogènes

La spongieuse est sujette à des maladies naturelles de deux types, les maladies infectieuses (causées par des bactéries, des champignons et des virus) qui se transmettent par contact d'une chenille à une autre, et les maladies non infectieuses qui ne sont pas contagieuses et qui résultent de changements physiologiques chez l'insecte réagissant à certaines

Figure 15. Punaise pentatomide du genre *Picromerus*. (T. Arcand)

Figure 16. Punaise *Picromerus* piquant une chenille de spongieuse et lui soutirant l'hémolymphe (sang). (T. Arcand)

conditions adverses du climat, de la nourriture ou qui sont tout simplement héréditaires.

Les maladies ne peuvent empêcher les populations de spongieuses d'atteindre parfois des proportions phénoménales, mais elles deviennent généralement le facteur prédominant de la chute des populations extrêmes.

Maladies infectieuses — L'élément pathogène naturel le plus efficace est le *Borrelinavirus reprimens*, un virus à nucléopolyhédrose affectant la chenille et la chrysalide. Ce virus se dissout dans l'intestin, libère des bâtonnets qui transpercent la paroi intestinale et infectent les cellules sanguines. La maladie se propage aux tissus adipeux et finalement aux téguments. Une chenille tuée par ce virus est généralement suspendue au feuillage ou à l'écorce de l'arbre par les pattes abdominales médianes et prend alors la forme d'un U renversé. Les cadavres des larves sont très fragiles et se rupturent facilement, libérant une abondante source de virus infectant les larves saines par contact. Souvent, on peut attribuer à ce virus jusqu'à 75 % de mortalité des chenilles vivant en populations denses.

Les bactéries *Streptococcus faecalis* et *Serratia marcescens* surtout, mais aussi *Serratia liquefaciens*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Bacillus cereus* sont des agents pathogènes communs, dont l'efficacité concurrente ne cause généralement pas plus de 15 % de la mortalité des chenilles. Ces bactéries sont transportées par l'air ou proviennent des défécations des oiseaux et des petits animaux. Les chenilles les ingèrent parfois avec le feuillage et ces bactéries produisent alors des toxines qui se nourrissent avidement des substances nutritives internes de l'insecte, causant la mort à plus ou moins brève échéance. Ces bactéries se prêtent mal à la lutte

artificielle ou dirigée car elles sont vite détruites par l'action du soleil ou sont parfois nocives à l'homme et à d'autres organismes de l'environnement.

Par contre, il existe une bactérie qu'on retrouve naturellement dans le sol et qui peut être très efficace dans la lutte contre la spongieuse. C'est *Bacillus thuringiensis*, souvent appelé *B.t.* À un certain stade de sa vie, le *B.t.* produit une spore et un cristal (protoxine) toxiques pour la spongieuse; le cristal est plus toxique que la spore. Après ingestion par la chenille, le cristal se dissout et libère des sous-unités protéiques. Ces composés sont à leur tour brisés par les enzymes intestinales en polypeptides toxiques causant la paralysie du tract intestinal; la chenille cesse de manger, ses tissus internes se désagrègent et elle en meurt. Des formules commerciales du bacille pour fins de pulvérisation existent depuis plus de 20 ans, mais ce n'est que depuis quelques années qu'il gagne en popularité.

La spongieuse est vulnérable à d'autres agents, tels les champignons *Beauveria bassiana*, également *Paecilomyces farinosus* et *Aspergillus flavus*. Ces agents sont le plus souvent de peu d'importance car leur action est déterminée par une humidité très critique plutôt rare dans la nature.

Maladies non infectieuses — Bien que peu d'études aient été menées en ce domaine, ces maladies semblent liées aux conditions atmosphériques, à la nourriture et à l'héridité. Par exemple, quand l'insecte survit à des conditions alimentaires difficiles, des désordres physiologiques apparaissent souvent au moment de la ponte ou chez les chenilles néonates de la génération suivante.

Vulnérabilité de la forêt

Plusieurs facteurs influencent la vulnérabilité d'une forêt. Sa composition l'emporte sans doute sur la qualité (drainage, sol, exposition) et le degré de perturbation du site. Les peuplements ouverts sur des sites secs sont plus favorables à la spongieuse que les peuplements denses sur des sites dont l'humidité va de moyenne à élevée. Au Québec, les peuplements forts en peuplier faux-tremble ou en bouleau gris sont des endroits de prédilection pour les pullulations de la spongieuse; non seulement parce que ces essences sont recherchées par l'insecte, mais aussi parce qu'elles poussent en milieu perturbé — coupes intensives, sites incendiés, champs agricoles abandonnés, etc. Ces peuplements peu productifs renferment de nombreux arbres souvent brisés, blessés, pourris, offrant à la spongieuse autant d'endroits pour s'abriter, chrysalider et pondre. Un défeuillage élevé est souvent associé à un habitat propice où les chenilles peuvent rester dans les arbres plutôt que de descendre sur un sol plus ou moins dégarni d'abris et où la prédation est plus fréquente (figures 17, 18 et 19).

À l'opposé, une forêt résistante à la spongieuse croît en sol riche, les arbres sont vigoureux et assez nombreux pour former une voûte foliaire dense et la couverture vivante est bien développée. Les essences caractéristiques de ce milieu sont un ensemble d'érable à sucre et d'érable argenté, de frêne blanc, de tilleul d'Amérique, de chêne rouge, d'orme d'Amérique, de bouleau fontinal, de tulipier d'Amérique (sud de l'Ontario) et occasionnellement de pruche. En résumé, les associations de bois francs mêlés, de bois francs-pruche et d'érable-hêtre sont caractéristiques des habitats mésophytiques et sont résistantes à la spongieuse. Les petits mammifères étant plus nombreux dans ces milieux, ces espèces réussissent mieux à tempérer les montées fulgurantes des populations de spongieuses. Toutefois, ces espèces ne sont pas immunisées contre le défeuillage périodique ou occasionnel et parfois contre la mortalité des arbres, surtout si elles sont entourées de peuplements vulnérables.

Effets de la défoliation

Effets négatifs

Santé — Les fortes défoliations sont incontestablement néfastes pour la santé des arbres. Elles les rendent vulnérables aux maladies et aux insectes secondaires et peuvent même causer la mort de certains sujets si l'incident est suivi d'une période de sécheresse prolongée. Les faibles défoliations ont peu d'effets sur la santé des arbres.

Croissance — La perte de la croissance annuelle en hauteur et surtout en diamètre peut atteindre 50 % dès la première année d'une défoliation de plus de 80 %. Une défoliation hâtive diminue davantage la croissance dans le haut de l'arbre tandis qu'une défoliation tardive diminue surtout la croissance dans le bas de l'arbre et prépare mal l'aoûtement du bois des rameaux qui alors supportent mal certaines rigueurs de l'hiver (Gerardi et Grimm, 1979, page 102). Si les mêmes dégâts surviennent au cours d'années consécutives, les pertes peuvent atteindre 75 % la deuxième année et 90 % la troisième année. Pendant les infestations, même les peuplements moins favorisés par la spongieuse peuvent subir une défoliation s'ils sont entourés de peuplements vulnérables. De plus, lorsqu'une infestation menace une exploitation commerciale, la perte de croissance en diamètre est souvent plus importante

Figure 17. Peuplement ouvert et dégradé vulnérable aux pullulations de la spongieuse. (L. Jobin)

Figure 18. Genre de bétulaie très vulnérable aux pullulations de la spongieuse. (L. Jobin)

que la perte due à la mortalité. Lorsque des arbres meurent, les pertes sont apparemment plus élevées au cours des premières années d'une infestation grave que pendant les années subséquentes. Après le passage de la spongieuse, les arbres ont besoin de 2 ou 3 ans de récupération pour atteindre leur productivité normale. Souvent, les éclaircies partielles par mortalité d'arbres favorisent la croissance rapide des sujets plus résistants s'ils sont assez jeunes pour répondre favorablement. Quelques années après la période d'attaques sévères, le rendement total en mètres cubes de bois atteint la normale ou presque.

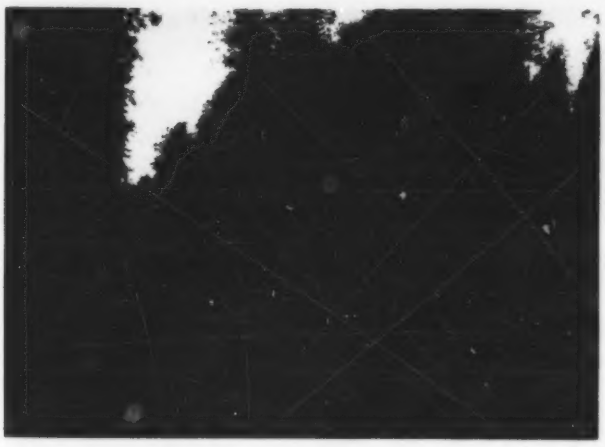


Figure 19. Bétulaie très vulnérable parce qu'elle est utilisée comme terrain de camping. Les remorques ou les tentes-remorques sont de bons endroits pour la ponte et peuvent être transportés d'un lieu infesté à un lieu non infesté par la spongieuse. (L. Jobin)

Mortalité — Dans un peuplement contenant moins de 20 % de plantes-hôtes très vulnérables, les défoliations répétées causent peu de mortalité; le risque augmente proportionnellement au pourcentage de plantes-hôtes vulnérables. Par contre, des rameaux peuvent mourir dès la première année de défoliation grave et encore davantage si ces défoliations se poursuivent durant quelques années.

Eau — Quand une forte défoliation affecte de grandes étendues forestières, le sol ne peut utiliser le même volume d'eau qui serait normalement évaporé par le feuillage. Toute l'eau qu'il ne peut utiliser s'écoule rapidement dans les cours d'eau et les réservoirs dont les niveaux peuvent varier et même causer des inondations locales.

Feuillaison — Dans plusieurs cas de défoliation totale ou presque totale, l'arbre produit normalement une deuxième feuillaison au cours du mois d'août, mais les feuilles sont souvent difformes ou plus petites que la normale.

Température — Dans une forêt à feuillage décimé, le soleil éclaire directement jusque dans la couverture vivante, élève la température de la litière et du sol et provoque l'émigration de plusieurs prédateurs comme les couleuvres, les lézards et les grenouilles. Dans certains cas, si la température élevée du sol se prolonge, il en résulte des dommages aux racines qui, à leur tour, affectent la santé de l'arbre.

Insolation — Dans une cime fortement ou complètement défoliée, l'écorce mince des branches ou des jeunes troncs peut surchauffer par endroits, le

cambium peut être partiellement détruit et en certaines circonstances l'écorce peut se fendiller ou sécher.

Métabolisme — Une défoliation marquée affecte à divers degrés toutes les fonctions suivantes: le synchronisme de la foliation, la production de fleurs et de graines, la respiration et la photosynthèse, le processus de conversion des substances métaboliques, les réserves alimentaires, la production d'hormones et la croissance ligneuse.

Récréation — Les grosses chenilles déambulant partout causent souvent des désagréments aux gens en activités de plein air, particulièrement dans les terrains de camping où les insectes incommodent les campeurs et menacent la santé des arbres et des arbustes. En outre, les méthodes de lutte sont difficiles à appliquer en de tels endroits sans mettre en danger la santé des gens.

Esthétique — La beauté ornementale des arbres ou l'utilité en tant que brise-vent ou barrières pour créer une intimité est diminuée.

Effet positif

Le défeuillage substantiel des plantes-hôtes pendant plusieurs années consécutives peut entraîner la mort d'arbres et favoriser la croissance d'essences moins vulnérables. À la longue, le peuplement pourrait devenir moins vulnérable. Toutefois, ce procédé naturel est long et aléatoire.

Techniques de lutte

Les facteurs principaux qui influencent les populations de spongieuses relèvent du climat et de la relation entre la densité des populations de l'insecte et son milieu particulier.

Les efforts de lutte peuvent être entrepris soit 1) en période de démarrage de la progradation en foyers isolés pour stopper son évolution (mais ceci peut nécessiter des interventions répétées), 2) en cours de pullulation pour préserver la végétation et rétablir un bas niveau de population, ou 3) en période de latence.

Un excellent moyen pour reconnaître à temps le déclenchement d'une nouvelle montée de la spongieuse, pour suivre sa dispersion vers de nouvelles régions ou pour dénombrer la population à la fin d'une période de latence est l'emploi de pièges à phéromone (figures 20, 21 et 22). Ces pièges aux formes et aux matériaux divers utilisent un appât sous forme d'une phéromone sexuelle femelle d'attraction spécifique pour le papillon mâle de la spongieuse. Ces pièges, installés durant la période du papillon

Figure 20. Piège à phéromone, type delta, pour la capture des papillons mâles de la spongieuse. (L. Jobin)

(juillet-août), devraient être utilisés annuellement pour suivre les tendances d'une population; la capture d'un nombre important de papillons mâles (plus de 10) dans un ou plusieurs pièges peut être un signe de la présence d'une infestation locale naissante ou indiquer que les papillons peuvent avoir été poussés dans la région par un front atmosphérique fort. Pour s'en assurer, on devrait entreprendre le dépistage des masses d'œufs à proximité de ces pièges, en vue de leur destruction immédiate, s'il y en a et si cela est possible (figures 23 et 24). Dans tous les cas, la nécessité d'une intervention de lutte doit être considérée en fonction des conséquences économiques d'une infestation, y compris ses répercussions sur les activités forestières, l'agriculture, le tourisme et l'esthétique.

Figure 21. Piège «delta» ouvert, montrant les papillons retenus par le liquide collant tapissant la paroi intérieure du piège. (L. Jobin)

Figure 23. Amas de pierres, objets hétéroclites en bordure des boisés, empilements de bois et clôtures — endroits recherchés par la spongieuse pour la ponte. (R. Gagnon)

Figure 22. Autre genre de piège à phéromone pour la capture des papillons mâles de la spongieuse. Une plaquette d'insecticide est placée à l'intérieur, dégageant un gaz mortel pour les insectes qui y entrent. (L. Jobin)

Figure 24. Objets hétéroclites laissés dans les cours — endroits recherchés par la spongieuse pour la ponte. (P. Benoit)

Après une période de latence de plusieurs années au cours de laquelle la présence de la spongieuse passe presque inaperçue commence la progradation, c'est-à-dire une période de 3 à 4 années pendant lesquelles la population de l'insecte augmente, sans toutefois causer de dégâts vraiment visibles. En cette période, il est peu recommandé de traiter de grandes étendues boisées, parce que bien souvent une intervention du genre ne réussit pas à empêcher l'explosion des populations à plus ou moins brève échéance. En fin de progradation, l'insecte se

multiplie très rapidement jusqu'à devenir visiblement nuisible en défoliant les arbres de façon excessive pendant 2 ou 3 ans.

Par une intervention d'arrosage, particulièrement avec des insecticides chimiques, la mortalité massive des chenilles est presque immédiate. Cependant, les chenilles survivantes seront soulagées de la compétition qu'elles subissaient et leur chance de survie sera augmentée. Comme autre conséquence, la ponte subséquente sera meilleure, et après un retard de courte durée l'infestation se manifestera à nouveau. Par contre, l'emploi de moyens biologiques (parasites, prédateurs, pathogènes et autres) peut diminuer ce danger de recrudescence hâtive de l'infestation en ne réduisant pas cette forte compétition qui s'établit entre les individus d'une grande pullulation. En effet, les chenilles infectées et vouées à une mort lente à la suite d'une dispersion d'un bacille, d'un virus, d'un parasite ou d'autres facteurs naturels demeurent au sein de la population active et ainsi continuent à produire les effets de compétition. Les survivants en souffrent toute leur vie et produisent une progéniture moins abondante et souvent moins vigoureuse.

Enfin, il ne faut pas oublier que même avec des interventions de lutte de type non sylvicole, on ne peut empêcher la spongieuse de vivre selon des cycles d'abondance et de rareté.

Méthodes physiques

Pour quelques arbres ou dans un petit parc: 1) De l'automne au début du printemps (de septembre à avril), ramasser les masses d'œufs à la main et les détruire ou les badigeonner avec un produit créosoté. 2) En été, si la population n'est pas trop élevée, installer des ceintures-pièges de matière visqueuse (Tanglefoot) à une hauteur d'environ 1 m autour du tronc des arbres pour empêcher la montée des chenilles provenant des arbres voisins. Remettre du produit collant sur la bande de temps à autre pour conserver son efficacité. 3) Installer des pièges de jute ou autre matériau du genre pour servir d'abri aux chenilles durant le jour. Capturer les chenilles entre le matin et la fin de l'après-midi et les détruire. Ne pas manipuler les chenilles à mains nues à cause des poils urticants (figures 25, 26, 27, 28 et 29).

Méthodes sylvicoles

En forêt ou dans les grands boisés: 1) Dans un peuplement équienne de pins blancs et de bouleaux gris, la présence de cette dernière essence est une menace constante. L'élimination progressive, tout au moins partielle, du bouleau est conseillée. 2) Dans un jeune peuplement de pins blancs et de chênes en sol sec, des mesures favorisant le pin au détriment du chêne sont conseillées. 3) La coupe à blanc d'un peuplement vulnérable, suivie de la transplantation d'une essence résistante, est rarement économique et justifiée. Cette opération peut cependant être désirable en milieu restreint sujet à une utilisation intensive.

Figure 25. Ceinture de jute sur arbres d'ornement pour piéger la spongieuse (chenilles, chrysalides ou œufs). (P. Benoit)

Lorsqu'on songe à des interventions sylvicoles pour améliorer le milieu, il faut retenir les points suivants: 1) les peuplements recherchés par tous les stades larvaires de la spongieuse (voir liste des plantes-hôtes) sont les plus sévèrement attaqués (par exemple au Québec bouleau gris et peuplier faux-tremble); 2) les sols secs, pauvres, rocailleux, soumis

Figure 26. Chenilles cachées sous le jute durant le jour. (L. Jobin)

Figure 27. Chenilles cachées sous un piège de papier noir à construction durant le jour. (L. Jobin)

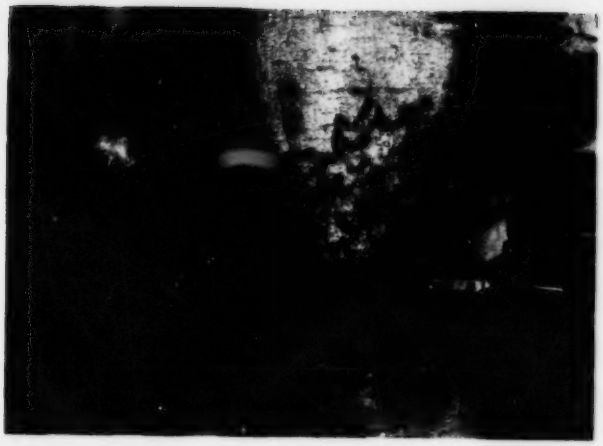


Figure 28. Nombreuses chrysalides de la spongieuse sous un piège de papier noir à construction. (L. Jobin)

à des abus divers favorisent la croissance d'essences préférées par la spongieuse; 3) le feu, le broutage, la coupe à blanc, particulièrement sur les sols pauvres, prédisposent le milieu à la venue d'essences pionnières propres aux infestations.

Insecticides

Quand le feuillage est au tiers de sa croissance environ (un peu avant si l'on croit que les populations sont très élevées et qu'elles dévoreront le feuillage au fur et à mesure de son déploiement), on peut appliquer un des produits indiqués ci-après à l'aide d'avions ou d'hélicoptères pour de grandes superficies, ou de pompes d'arrosage de type hydraulique ou d'atomiseurs pour de petites superficies ou des arbres d'ornement.

Produits existants en 1989 (des substituts sont habituellement disponibles lorsque les produits ne sont plus sur le marché): butènes polymérisés ou gommes-résines naturelles (Tanglefoot[MD]), qui sont des bandes collantes insecticides, à usage domestique; *Bacillus thuringiensis* (Bactospeine[MD], Dipel[MD], Envirobac[MD], Futura[MD], Thuricide[MD]), à usage domestique, commercial ou restreint[1] (de 20 à 30 milliards d'unités internationales par hectare,

1. Usage domestique: peut être utilisé par tous.
Usage commercial: certains produits ou formules particulières ne peuvent être employées que par des applicateurs licenciés.
Usage restreint: produits ne pouvant être utilisés que sous la surveillance d'un organisme gouvernemental.

Figure 29. Récolte de chenilles cachées sous le jute. De préférence, ne pas manipuler les chenilles avec les doigts à cause de leurs nombreux poils urticants. (C. Moffet)

entre le deuxième et le troisième stade larvaire); acéphate (Orthene[MD]), à usage commercial et restreint; carbaryl (Sevin[MD], Sevimol[MD]), à usage domestique, commercial ou restreint; diflubenzuron (Dimilin[MD]), à usage restreint; perméthrine (Ambush[MD]), à usage domestique; phosmet (Imidan[MD]), à usage domestique ou commercial; pyréthrins (Raid[MD]), à usage domestique; trichlorfon (Dylox[MD]), à usage commercial et restreint.

Conclusion

La spongieuse n'est pas un insecte indigène du Canada. Elle a été accidentellement introduite en de nombreux endroits, et dans bien des cas les mesures d'éradication ont été efficaces. De telles mesures sont présentement appliquées dans l'ouest ou dans l'extrême est du pays. Au Québec et en Ontario cependant, elle semble être établie en permanence. Il faut donc que nous comprenions ses mœurs, ses répercussions sur la forêt et les facteurs qui régissent les cycles de sa population.

Bibliographie

Benoit, P. 1980. La spongieuse — une menace? Le Progrès forestier, juin: 18-19.

Benoit, P. 1980. Moyens de protéger vos arbres contre la spongieuse. Le Progrès forestier, septembre: 20-21.

Bess, H.A.; Spurr, S.H.; Littlefield, E.W. 1947. Forest site conditions and the gypsy moth. Harv. For. Bull. No. 2. 56 p.

Brown, G.S. 1975. La spongieuse, *Porthetria dispar* (L.). *In* Traitements aériens pour combattre les insectes forestiers au Canada. Sous la direction de M.L. Prebble, ministère de l'Environnement, Ottawa.

Brown, M.W.; Cameron, E.A. 1982. Natural Enemies of *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantriidae) Eggs in Central Pennsylvania, U.S.A., and a Review of the World Literature on Natural Enemies of *L. dispar* Eggs. Entomophaga 27: 311-322.

Burgess, A.F. 1913. The Dispersion of the Gypsy Moth. US Dep. Agric. Bur. Entomol. Bull. No. 119. 62 p., 16 plates, 6 figs.

Collins, C.W. 1915. Dispersion of gypsy moth larvae by the wind. US Dep. Agric. Bull. No. 273. 23 p.

Doane, C.C.; McManus, M.L., eds. 1981. The Gypsy Moth: Research Toward Integrated Pest Management. US Dep. Agric. For. Serv. Sci. Educ. Agency Tech. Bull. 1584. 757 p.

Felt, E.P. 1905. Insects Affecting Park and Woodland Trees. N.Y. State Mus. Mem. No. 8, N.Y. State Educ. Dep., Albany, N.Y.

Forbush, E.H.; Fernald, C.H. 1896. The Gypsy Moth. State Board Agric., Wright & Potter Printing Co. State Printers, Boston, Mass. 495 p.

Gerardi, M.H.; Grimm, J.K. 1979. The History, Biology, Damage, and Control of the Gypsy Moth, *Porthetria dispar* (L.). Fairleigh Dickinson University Press, Rutherford, N.J. 233 p.

Houston, D.R. 1979. Classifying Forest Susceptibility to Gypsy Moth Defoliation. US Dep. Agric. Handb. No. 542. 23 p.

Houston, D.R.; Valentine, H.T. 1977. Comparing and predicting forest stand susceptibility to gypsy moth. Can. J. For. Res.7: 447-461.

Leonard, D.E. 1974. Recent developments in ecology and control of the gypsy moth. Annu. Rev. Entomol. 19: 197-229.

Mosher, F.H. 1915. Food Plants of the Gypsy Moth in America. US Dep. Agric. Bull. No. 250. 39 p.

Podgwaite, J.D. 1979. Diseases of the Gypsy Moth: How they help to regulate populations. US Dep. Agric. Handb. No. 539. 15 p.

Sippell, W.L.; Rose, A.H.; Gross, H.L. 1969. Annual Report of the Forest Insect and Disease Survey. Dep. Fish. For., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. p. 52-71.

La Société zoologique du Québec Inc. 1983. Noms français des oiseaux du Canada et des États-Unis continentaux. La Société zoologique du Québec, Charlesbourg (Québec). 80 p.

Sterner, T.E.; Davidson, A.G. Ed. 1982. Insectes et maladies des arbres au Canada 1981. Min. Environ., Serv. can. forêts, Ottawa. 48 p.